



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE AGRONOMIA

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA MIXTA, EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniera Agrónoma.

**Autor:**  
Gómez Semanate Camila Salome

**Tutor:**  
Chasi Vizuete Wilman Paolo

**LATACUNGA – ECUADOR**  
**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Camila Salome Gómez Semanate con cédula de ciudadanía No. 1726733916, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCION MEDIANTE UNA APROXIMACION METODOLOGICA MIXTA EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024”** siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de febrero del 2024



Camila Salome Gómez Semanate  
CC: 1726733916  
**ESTUDIANTE**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GOMEZ SEMANATE CAMILA SALOME**, identificada con cédula de ciudadanía **1726733916** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCION MEDIANTE UNA APROXIMACION METODOLOGICA MIXTA, EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: mayo 2020-septiembre 2020

Finalización de la carrera: octubre 2023 – febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

Tema: “**ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCION MEDIANTE UNA APROXIMACION METODOLOGICA MIXTA, EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de febrero del 2024.

  
Camila Salome Gómez Semanate  
**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA MIXTA EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024”**, de **Gómez Semanate Camila Salome**, de la carrera de Agronomía, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 22 de febrero del 2024



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizúete, Mg

CC: 0502409725

**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Gómez Semanate Camila Salome, con el título del Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCION MEDIANTE UNA APROXIMACION METODOLOGICA MIXTA EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza la entrega de los archivos digitales correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de febrero del 2024

  
Ing. Mg Morcy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D

CC: 0604147900

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
Ing. Clever Gilberto Castillo de la guerra, Mg

CC: 0501715494

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
Ing. Karina Paola Marin Quevedo, Mg

CC: 0502672934

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios por bendecirme y ser mi fortaleza durante este camino, en especial a mi familia que ha sido un pilar fundamental y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y sobre todo por la confianza, la comprensión, el respeto y el amor que me brindan.*

*A mi Padre que con sus consejos de vida me ha enseñado siempre a luchar por mis sueños.*

*A mi Madre enseñándome a ser una buena persona, honesta y humilde a pesar de todas las circunstancias, a mis hermanos que ha sido parte de los buenos y malos momentos de mi vida, a mis sobrinos que siempre me sacan una sonrisa a pesar de todo lo malo.*

*A mis amigos que esta universidad me ha dado, por cada ocurrencia y cada momento inolvidable, especialmente a mi mejor amiga Katherin Chale, por brindarme su apoyo incondicional y juntas poder culminar nuestros estudios Universitarios.*

*Además, a la Universidad Técnica de Cotopaxi quién me dio la oportunidad de prepararme con una educación de calidad y excelencia, y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica.*

***Camila Salome Gómez Semanate***



## **DEDICATORIA**

*Esta presente investigación le dedico principalmente a Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida pese a todos los inconvenientes que se presentaron en el transcurso de esta etapa.*

*A mis padres Luis Rubén Gómez y María Santos Semanate Leines quienes se han sacrificado para que pueda convertirme en Ingeniera Agrónoma. También quiero dedicar a mis hermanos y hermana, a mis sobrinos (as) Camila Gavilánez, Romina Gómez, Gabriel Gómez, Samuel Gómez y Monserrate Gómez quienes son la fuente de mi superación, quienes me ayudan a ser una buena persona y que forman parte de mi vida.*

***Camila Salome Gómez Semanate***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA BIOMASA DE MICROORGANISMOS Y GRUPOS FUNCIONALES DEL SUELO DE CINCO SISTEMAS DE PRODUCCION MEDIANTE UNA APROXIMACION METODOLOGICA MIXTA, EN LA PROVINCIA COTOPAXI, 2024”.**

**Autora:**

Gómez Semanate Camila Salome

**RESUMEN**

La presente investigación se ejecutó en las localidades de Salache, Isinche y Carrillos de la provincia de Cotopaxi teniendo como objetivo analizar microorganismos mediante una aproximación metodológica mixta e identificar biomasa de microorganismos y grupos funcionales en los suelos de cinco sistemas productivos (tradicional, agroecológico, convencional, degradado y natural) para el cumplimiento del mismo, se usara microscopia y aplicaciones tecnológicas móviles para determinar la biomasa bacteriana, fúngica, oomicetos y actino bacterias, así como también la relación hongo-bacteria (F: B) en los sitios de muestreo. Para la identificación mediante microscopia utilizamos diluciones de suelo de 1:5 para la observación de hongos y la dilución de 1:500 para observación de bacterias, para el análisis con la aplicación tecnológica MicroBIOMETER se utilizó 10 gr de cada suelo en agua destilada más el reactivo (polvo de extracción) y se determinara la relación hongo-bacteria (F: B) para su posterior comparación. De los datos obtenidos se estableció que el grupo funcional con mayor presencia en los sistemas productivos de cada sector son las Amebas, seguido de los Ciliados y Flagelados, así mismo se identificó en el sistema productivo agroecológico del sector Carrillo, que presenta una relación del (42% BF & el 58% BB), es decir con una relación equilibrada de hongos y bacterias, siendo un indicador de salud de suelo. Para los sistemas natural (35% BF y 65% a BB) y tradicional (34% BF & 67% BB), convencional de (30% BF & 70% BB) degradado (30% BF & 70% BB) la concentración de biomasa fúngica disminuye. De la misma manera, para la zona Isinche en el sistema convencional (37% BF & 64% BB), natural (32% BF & 68% BB) y agroecológico (31% FB & 69% BB), tomando en cuenta que el sistema agroecológico Salache (30% FB & 70% BB); la relación hongo bacteria disminuye comparado el agroecológico de los demás sectores, comprobando que la biomasa bacteriana, predomina en la mayoría de sistemas productivos de las zonas muestreadas, y mediante MicroBIOMETER, se identificó que la mayor relación Fungi: Bacteria fue la presentada en el sistema agroecológico con una media en los tres sectores de 0,53 ug que representa el 31% de hongos y 68% de bacterias, seguido del sistema Convencional con una media 25% de hongos y 75% de Bacterias.

**Palabras clave:** Biomasa, grupos funcionales, bacterias, ciliados, flagelados y relación hongo-bacteria (F: B)

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL**  
**RESOURCES**

**THEME: “ANALYSIS OF THE BIOMASS OF MICROORGANISMS AND SOIL FUNCTIONAL GROUPS OF FIVE PRODUCTION SYSTEMS THROUGH A MIXED METHODOLOGICAL APPROACH IN THE PROVINCE OF COTOPAXI, 2024”.**

**Author:**

Gómez Semanate Camila Salome

**ABSTRACT**

This research was carried out in the localities of Salache, Isinche and Carrillos in the Cotopaxi province aiming to analyze microorganisms through a mixed methodological approach and identify biomass of micro-organisms and functional groups in the soils of five productive systems (traditional, agro-ecological, conventional, degraded and natural) for the implementation of this, use microscopy and mobile technology applications to determine bacterial biomass, fungal, oomycetes and actin bacteria, as well as the fungus-bacteria relationship (F: B) in the sampling sites. For identification by microscopy, we use soil dilutions 1:5 for fungal observation and dilution of 1:500 for bacteria observation, for analysis with the technological application MicroBIOMETER was used 10 gr of each soil in distilled water plus reagent (extraction powder) and was determined the fungal-bacterium relationship (F: B) for later comparison. From the data obtained was established that the functional group with the greatest presence in the productive systems of each sector is the Amebas, followed by Ciliates and Flagellates, also identified in the agro-ecological productive system of the Carrillo sector, which presents a relationship of (42% BF & el 58% BB), that is with a balanced relationship of fungi and bacteria, being a soil health indicator. For natural systems (35% BF y 65% a BB) and traditional (34% BF & 67% BB), conventional of (30% BF & 70% BB) degraded (30% BF & 70% BB) the concentration of fungal biomass decreases. In the same way, for the Isinche area in the conventional system (37% BF & 64% BB), natural (32% BF & 68% BB) and agro-ecological (31% FB & 69% BB), taking into account that the agroecological system Salache (30% FB & 70% BB); the relationship fungus bacteria decreases compared to the agroecological of the other sectors, checking that the bacterial biomass, predominates in most production systems in the sampled areas, and through MicroBIOMETER was identified that the greatest relationship Fungi: Bacteria was presented in the agro-ecological system with an average in the three sectors of 0,53 ug that represents the 31% of fungi and 68% of bacterias, followed by the Conventional system with an average 25% of fungi and 75% of bacterias.

**Keywords:** Biomass, functional groups, bacterias, ciliates, flagellates and fungal-bacterium relationship (F: B)

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	viii
<i>DEDICATORIA</i> .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xii
INDICE DE TABLAS .....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
Línea de investigación .....	2
Línea de vinculación .....	2
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
5. OBJETIVOS.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos .....	6
6. ACTIVIDADES .....	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
7.1 Suelo.....	8
7.2 Suelos agrícolas.....	8
7.3 Salud del suelo .....	8
7.4 Indicadores de calidad y salud del suelo .....	9
7.5 Propiedades Físicas .....	9
7.6 Propiedades Químicas.....	11
7.7 Propiedades biológicas.....	11

7.8 Grupos funcionales .....	12
7.9 Bioindicadores .....	12
7.10 Microbiota del Suelo .....	12
7.11 Microorganismos .....	13
7.12 Bacterias.....	13
7.13 Hongos .....	13
7.14 Protozoarios .....	13
7.15 Ciliados .....	13
7.16 Flagelados .....	14
7.17 Amebas.....	14
7.18 Nematodos .....	14
7.19 Rizosfera .....	14
7.20 Características de la rizosfera .....	15
7.21 Metodologías de aproximación mixtas .....	15
7.22 Sistemas de producción.....	15
7.22.1 Sistema productivo agroecológico .....	16
7.22.2 Sistema productivo tradicional.....	16
7.22.3 Sistema productivo convencional .....	16
7.22.4 Sistema productivo degradado .....	16
7.22.5 Sistema productivo natural.....	17
8. PREGUNTAS CIENTIFICAS .....	17
9. METODOLOGIA.....	18
9.1 Revisión bibliográfica.....	18
9.1.1 Área de estudio.....	18
9.1.2 Descripción de las zonas .....	19
9.1.2.1 Salache .....	19
9.1.2.2 Isinche de Infantes .....	20
9.1.2.3 Carrillo .....	20
9.2 Fase de campo.....	20
9.2.1 Muestreo de los sistemas productivos.....	20
9.2.2 Empaquetado y etiquetado de muestras.....	23
9.2.3 Almacenamiento de las muestras de suelo.....	23
9.3 Fase de laboratorio microscopia.....	24

9.3.1	Identificación de los grupos funcionales por microscopia.....	24
9.3.2	Identificación de microorganismos existentes en las muestras.....	27
9.3.3	Descripción de los microorganismos en la aplicación SMap ..... 31	31
9.3.4	Clave dicotómica.....	32
9.4	Fase de laboratorio microBIOMETER .....	35
9.4.1	Preparación de las muestras de suelo para microBIOMETER. ....	35
9.4.2	Identificar la densidad de microbiota del suelo .....	38
10	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	40
10.1	Biomasa total y grupos funcionales por microscopia .....	40
10.1.1	Biomasa total de la zona Salache.....	40
10.1.2	Biomasa grupos funcionales de la zona Salache.....	42
10.1.3	Biomasa total de la zona Isinche de Infantes .....	43
10.1.4	Biomasa de grupos funcionales de la zona Isinche de Infantes .....	45
10.1.5	Biomasa de biomasa total de la zona Isinche de Infantes .....	47
10.1.6	Biomasa de grupos funcionales de la zona Carrillo.....	48
10.2	Relación hongo: bacteria mediante MicroBIOMETER.....	49
10.2.1	Relación hongo: bacteria de la zona Salache.....	49
10.2.2	Relación hongo: bacteria de la zona Isinche.....	50
10.2.3	Relación hongo: bacteria de la zona de Carrillo .....	51
11	CONCLUSIONES.....	53
12	RECOMENDACIONES .....	53
13	BIBLIOGRAFIAS.....	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades por objetivo.....	7
Tabla 2: Textura del suelo .....	9
Tabla 3 Color del suelo.....	10
Tabla 4 Coordenadas UTM zonas de estudio.....	19
Tabla 5 Cantones zonas de estudio.....	19
Tabla 6 Simbolización de muestras .....	22
Tabla 7 Nro. de lotes sector Salache.....	40

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Biomasa total sector Salache.....	41
Figura 2 Porcentaje de grupos funcionales sector Salache.....	43
Figura 3 Porcentaje de grupos biomasa sector Isinche.....	45
Figura 4 Porcentaje de grupos funcionales.....	46
Figura 5 Porcentaje de biomasa.....	47
Figura 6 Porcentaje de grupos funcionales.....	48
Figura 7 Relación Hongo-Bacteria Sector Salache .....	50
Figura 8 Relación Hongo-Bacteria Sector Isinche .....	51
Figura 9 Relación de hongo- bacteria sector carillo .....	52



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de la zona de estudio. ....	18
Ilustración 2 Método de muestreo zigzag.....	21
Ilustración 3 Herramienta de muestreo.....	21
Ilustración 4 Etiquetado muestras.....	23
Ilustración 5 Almacenamiento de muestras.....	23
Ilustración 6 dilución muestras de suelo.....	24
Ilustración 7 dilución de suelo.....	25
Ilustración 8 Método de agitación .....	25
Ilustración 9: Muestra reposada.....	26
Ilustración 10 Observación en microscopio .....	26
Ilustración 11 Dilución seriada.....	27
Ilustración 12 Cuadrantes a observar microscopio.....	27
Ilustración 13 Observación microscopio .....	28
Ilustración 14 Diámetro de la hifa .....	29
Ilustración 15 Ancho de hifa .....	29
Ilustración 16 Tipos de bacterias .....	30
Ilustración 17 Campos de visión .....	30
Ilustración 18 Aplicación SMap soil microscopy .....	31
Ilustración 19 Tamizado de muestras .....	35
Ilustración 20 Preparación de muestra.....	35
Ilustración 21 Sal que extrae exudados .....	36
Ilustración 22 Batidor de muestras .....	37
Ilustración 23 Muestras en reposo .....	37
Ilustración 24 Muestras para MicroBIOMETER .....	38
Ilustración 25 Tarjeta MicroBIOMETER.....	39
Ilustración 26 Resultados App MicroBIOMETER .....	39

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:** “Análisis de la biomasa de microorganismos y grupos funcionales del suelo de cinco sistemas de producción mediante una aproximación metodológica mixta, en la provincia Cotopaxi, 2024”

**Fecha de inicio:**

28 de octubre

**Fecha de finalización:**

21 de febrero

**Lugar de ejecución**

**Barrio:** Isinche, Carrillo y Salache

**Parroquias:** Cusubamba, Pujilí y Eloy Alfaro

**Cantones:** Salcedo, Pujilí y Latacunga

**Provincia:** Cotopaxi

**Zona:** 3

**Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Carrera de Agronomía.

**Proyecto de investigación vinculado:**

“Análisis de la biomasa de microorganismos y grupos funcionales del suelo de cinco sistemas de producción mediante una aproximación metodológica mixta, en la provincia Cotopaxi, 2024”

**Equipo de Trabajo**

- **Responsable del Proyecto** Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.
- **Tutor :** Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.
- **Lector 1:** Ing. Mercy Lucila Ilbay, PhD.
- **Lector 2:** Ing. Clever Gilberto Castillo de la guerra, Mg.
- **Lector 3:** Ing. Karina Paola Marin Quevedo, Mg.

**Coordinador del Proyecto**

Camila Salome Gómez Semanate

Correo electrónico: [camila.gomez3916@utc.edu.ec](mailto:camila.gomez3916@utc.edu.ec)

Numero celular: 0959146336

**Área de conocimiento:****Línea de investigación**

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

**Línea de vinculación**

Gestión de recursos naturales, biotecnología, biodiversidad y gestión para el desarrollo humano y social.

## 2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La salud del suelo es muy importante para mantener la eficiencia, mantener la calidad del medio ambiente y mejorar la salud de las plantas y los animales, los factores llamados "suelo saludable o suelo de alta calidad" son propiedades físicas y biológicas, como la estructura, el porcentaje de nutrientes, mejorando la resistencia de las plantas, almacenando de manera más efectiva que la actividad del suelo y actividad microbiana, este es el índice más grande de suelo saludable, porque esto es importante crear un método amigable mixto, aprender rápidamente sobre los microorganismos de biomasa (hongos y bacterias) es el principal índice de salud del suelo mediante el uso de fondos tecnológicos y más baratos que las pruebas de laboratorio. (Vanek et al., 2018)

Se sabe que la degradación microbiana de las tierras agrícolas y de producción es limitada debido al tratamiento indiscriminado de productos químicos. El 50% de la tierra del Ecuador está degradada, afectando el agotamiento del agua y la creciente inestabilidad de algunos fenómenos climáticos en la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria. La gestión inadecuada de la tierra y las malas prácticas agrícolas son las principales causas de la desertificación, la erosión o los cambios en las características del suelo. (Romero, 2009)

La degradación de los suelos implica un descenso de las capacidades actuales o reales de los suelos para producir bienes o servicios. Donde se ha visto como un problema social, tomando en cuenta que ha derivado efectos sobre los seres vivos y en particular sobre la especie humana, o cuando los impactos o daños producidos sobre los suelos eran grandes y de difícil recuperación. (Amparo Cortés, 2018)

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **3.1 Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos de este proyecto serán 1 productora de la parroquia Isinche de Infantes y 3 productores de la parroquia y 369 estudiantes de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica Cotopaxi

#### **3.2 Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos serán 19 familias del sector Isinche de Infantes y 22 familias del sector Carrillo, los productores y técnicos agrícolas de la provincia de Cotopaxi

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, el 33 por ciento de los suelos terrestres se encuentran altamente degradados. Una mayor degradación de los suelos agrícolas, por ejemplo, podría tener consecuencias graves sobre la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, desarrollaría la volatilidad de los precios de alimentos, y potencialmente sumergiría a millones de personas en el hambre y la pobreza. (Amparo Cortés, 2018)

La degradación y desertificación de amplias extensiones de tierra son un problema que afecta directamente a 250 millones de personas en el mundo y 169 países ya sufren sus efectos. Ecuador no se escapa de esta realidad. En el país, alrededor del 49% de las tierras está degradado y un 22% se encuentra en proceso de desertificación. (Isabel Alarcón, 2018)

Por otro lado, la rápida pérdida de materia orgánica en las tierras agrícolas del mundo debido a la sobreproducción y al uso incorrecto de productos químicos también ha provocado una disminución del número de enfermedades, una condición importante de la que están excluidos la mayoría de los agricultores. Tomando en cuenta la falta de conocimiento e información precisos sobre las relaciones entre los organismos del suelo hará que los propios productores creen conflictos entre los organismos del suelo y afecten al suelo de alguna manera. (Velásquez, s. f.). También muestra que la investigación sobre microbios asociados a las plantas puede reducir la degradación del suelo debido a impactos negativos, como el uso ilegal de productos químicos, que conducen a la degradación del suelo, lo que significa que altera o debilita una o más de las funciones del medio ambiente.

Las amenazas por un suelo degradado es el desequilibrio en la concentración de nutrientes, la acidificación, la contaminación química, la erosión del suelo. Según la (FAO, 2018) unos suelos sanos son la clave para la seguridad alimentaria y para un futuro sostenible. Ayudan a mantener la producción de alimentos, a mitigar y adaptarse al cambio climático, filtrar el agua, mejorar la resiliencia ante inundaciones y sequías y mucho más.(FAO, 2018)

## 5. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Analizar la biomasa de microorganismos y grupos funcionales del suelo de cinco sistemas productivos mediante una aproximación metodológica mixta en la provincia de Cotopaxi.

### Objetivos específicos

- Identificar los grupos funcionales de microorganismos en diferentes sistemas productivos en la provincia de Cotopaxi mediante microscopia.
- Determinar biomasa total de microorganismos en suelos de cinco sistemas productivos de la provincia de Cotopaxi
- Analizar la relación que existe entre hongos y bacterias mediante el uso de aplicaciones tecnológicas.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS RELACIONADOS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	MEDIO DE VERIFICACION	RESULTADOS
1. Identificar los grupos funcionales de microorganismos en diferentes sistemas productivos en la provincia de Cotopaxi	1.1 Identificación del área de estudio. 1.2 Muestreo de los sistemas productivos 1.3 Almacenamiento de las muestras de suelo	Registro y fichas de muestreo. Fotografías	Obtención de muestras de suelo de los cinco sistemas productivos
2. Determinar biomasa total de microorganismos en suelos de cinco sistemas productivos de la provincia de Cotopaxi mediante microscopia	2.1 Preparación y disolución de las muestras de suelo en el laboratorio. 2.2. Identificar los microorganismos de la muestra 2.3 Descripción de los microorganismos encontrados e insertar en la aplicación SMap	Conteo y reconocimiento de microorganismos Microscopio Aplicación SMap Soil Microscopy	Grupos funcionales identificados
3. Analizar la relación que existe entre hongos y bacterias mediante el uso de aplicaciones tecnológicas.	3.1 Preparación de las muestras de suelo. 3.2 Identificar mediante el microbio meter la densidad de microbiota del suelo.	Análisis y relación Aplicación microbio meter	Cantidad de microorganismos en las muestras Identificación de la relación de hongos y bacterias en las muestras de suelo

**Tabla 1** Actividades por objetivo

**Elaborado por:** Gómez Camila,20



## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1 Suelo**

El suelo está combinado por minerales, materia orgánica y diminutos organismos vegetales, animales los cuales se encuentran en el aire y agua, con la desintegración de las rocas superficiales, las plantas y animales que crecen y mueren dentro y del suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo.(Cruz et al., 2004)

### **7.2 Suelos agrícolas**

Llamamos suelo agrícola aquellas estructuras buenas y con una baja compactación que permite tener un funcionamiento equilibrado con buenos niveles de materia orgánica, que propicia y facilita una mejor reserva de nutrientes. El suelo constituye un recurso fundamental para el desarrollo económico-social y es el sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres. (Cueto et al., 2009).

### **7.3 Salud del suelo**

La salud del suelo es la capacidad del mismo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos lo cual es primordial para la conservación humana. Una buena salud del suelo va a tener una evidente influencia en el desarrollo de las raíces lo cual proporcionará una mejor alimentación del cultivo, igualmente actúa como barrera natural frente a impactos extremos de eventos ambientales como la temperatura, el exceso de lluvia o incluso la escasez de agua.(Bracamontes Nájera et al., 2022).

También, la salud del suelo ayuda a resguardar la calidad de las aguas de los ecosistemas agrarios, reduce el impacto de factores como la escorrentía. Los suelos que son bien manipulados nos pueden ayudar a reducir el riesgo de que los productos fitosanitarios o fertilizantes los cuales pueden alcanzar las aguas superficiales o profundas debido a la erosión, a la escorrentía y en general el desplazamiento de sustancias solubles o dispersables. (Burbano, 2016).

## 7.4 Indicadores de calidad y salud del suelo

La calidad del suelo se estimada como una medida de capacidad para funcionar debidamente en relación con un uso específico. Si bien,(Arshad & Coen, 1992) le otorgaron a este concepto un vínculo más ecológico, al definir como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, y a la vez preservar un ambiente saludable.

## 7.5 Propiedades Físicas

Las características físicas reflejan el modo como el suelo almacena y provee agua a las plantas, permitiendo el desarrollo radical, entre ellas se encuentran propiedades como: estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento

**7.5.1 Estructura del Suelo:** La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. (FAO, 2024).

**7.5.2 La Textura del Suelo:** La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad significativa ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. (FAO, 2024)

**Tabla 2:** Textura del suelo

Textura del suelo	Características
Suelos de textura gruesa	Los suelos contienen menos del 20% de arcilla, pero contienen más del 50% de arena. Es difícil para ellos retener agua y nutrientes. Los poros grandes y bajos de arcilla facilitan la pérdida de agua y nutrientes, especialmente nitrógeno.
Suelos de textura media	Para el desarrollo de las raíces, son suelos con buena aireación y drenaje. Los porcentajes de arcilla y arena suelen ser inferiores a los 35 a 40 por

---

Suelos de textura fina o pesada	<p>ciento. La mayoría de sus poros son de tamaño medio a fino. Son suelos muy productivos con abundancia de agua y nutrientes.</p> <p>Se trata de suelos que contienen más del 40% de arcilla, también se pueden agrupar los suelos que contienen más del 60% de limo. Estos suelos suelen ser los más fértiles naturalmente. Sin embargo, deben manipularse con cuidado ya que se compactan fácilmente cuando se cultivan o crecen en condiciones húmedas.</p>
---------------------------------	---

---

**Elaborado por:** Gómez Camila

**7.5.3 Color del Suelo:** El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato.

**Tabla 3** Color del suelo

---

<b>Características generales del suelo en base a algunos colores que presentan.</b>	
<b>Color</b>	<b>Características</b>
Oscuro	Indica un alto porcentaje de materia orgánica, sin embargo, los suelos con bajo contenido de (MO) y exceso de sodio puede oscurecerse debido a la disolución de (MO) y un pH alcalino.
Rojo o Amarillo	Típico de suelos viejos, puede formarse en presencia de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (rojo) o FeO-OH (amarillo, marrón). Los colores son el resultado de la oxidación e hidratación de los compuestos minerales de hierro (Fe) cuando el sistema de drenaje proporciona aireación y condiciones favorables de humedad y temperatura.
Azul o Verde	Resultan de la presencia de hierro (Fe) en forma reducida e indican largos períodos de inundación anual y aireación insuficiente.

---

---

Gris El color blanco puede deberse a un lecho rocoso no erosionado de este color o a la deposición de carbonato de calcio, así como a la subida de sal a la superficie y/o a la eliminación de hierro.

---

**Elaborado por:** Gómez Camila

**7.5.4 Consistencia del Suelo:** La consistencia es la propiedad que determina la capacidad del suelo para resistir la deformación o el desgarro.

Dependiendo del contenido de humedad, la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura o blanda. Se mide en tres niveles de humedad; El aire es seco, húmedo y húmedo. Para construir sobre esta base, es necesario medir con mayor precisión la resistencia del suelo antes de comenzar la construcción. (FAO, 2024)

## 7.6 Propiedades Químicas

Las propiedades químicas están relacionadas con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, entre ellas: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K. (Calderón-Medina et al., 2018), así mismo, que la acidez y alcalinidad del suelo se encuentre en un rango óptimo para el cultivo, y que no existan problemas de salinidad.

## 7.7 Propiedades biológicas

La biología del suelo es extensa, complicada y dinámica, la meso y microbiota del suelo desempeñan un papel esencial en la desintegración, transformación y translocación de materia orgánica, además, contribuyen enormes cantidades de biomasa al suelo y así mejorar las propiedades físicas del suelo, ya que estas determinan la funcionalidad ecosistémica. Así mismo las propiedades biológicas del suelo se refiere a la principal existencia y acción de los organismos como bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos. (Quintero, 2013) y su evaluación se relaciona con la descomposición de la materia orgánica que es derivada de los residuos vegetales y animales. (Doran & Parkin, 2015)

### **7.8 Grupos funcionales**

Las comunidades microbianas presentes en el suelo ofrecen una variedad de servicios ecosistémicos como, por ejemplo, la degradación de la materia orgánica, el ciclado de nutrientes e interacción con las raíces de las plantas y otros microorganismos. De esta manera los grupos funcionales microbianos conformados principalmente por bacterias y hongos resultan importantes al momento de evaluar la calidad del suelo (Gómez Reyes & Luna Fontalvo, 2018)

Las poblaciones microbianas que existen en el suelo brindan una variedad de funciones ecosistémicas como la degradación de materia orgánica, el ciclado de nutrientes e interacción con las raíces de las plantas y otros microorganismos (Gómez Reyes & Luna Fontalvo, 2018).

Por lo tanto, los grupos funcionales microbianos están compuestos especialmente por bacterias y hongos, que resultan significativos al momento de evaluar la calidad del suelo debido a que son sensibles a las alteraciones producidas por la introducción de agentes xenobióticos como por ejemplo quemadas o incendios forestales, actividades como labranzas y ganadería, erosión, etc. (Gómez Reyes & Luna Fontalvo, 2018).

### **7.9 Bioindicadores**

Los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos que responden a la contaminación ambiental son todos aquellos organismos vivos los cuales gracias a sus características ecológicas cuentan con una elevada sensibilidad a los diferentes cambios ambientales que se dan en la naturaleza.(Jiménez, s. f.)

### **7.10 Microbiota del Suelo**

El microbiota del suelo contiene microorganismos como bacterias, hongos, protozoos y animales que contribuyen al funcionamiento del ecosistema porque dependen de ellos para mantener la estructura del suelo, descomponer la materia orgánica muscular, así como la disponibilidad y procesamiento de nutrientes. (Vilatuña Catagña, 2019).

### **7.11 Microorganismos**

Los microorganismos son organismos unicelulares considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta. Algunos de los organismos más estudiados pertenecen a grupos biológicos. (Pedraza et al., 2010).

### **7.12 Bacterias**

Las bacterias son procariotas unicelulares que se encuentran en casi todas partes de la Tierra. Algunas especies pueden vivir en condiciones de temperatura y presión verdaderamente extremas. La mayoría de las bacterias del cuerpo no causan ningún daño y, por el contrario, algunas bacterias son beneficiosas. (Huter, 2023)

### **7.13 Hongos**

Los hongos forman un reino propio, es decir, no se clasifican como animales o vegetales, aunque sus células son eucariotas, algunos son unicelulares, como las levaduras, es decir, están compuestos por muchas células que se agrupan formando unos hilos llamados hifas que forman su estructura reproductiva, como es el caso de las setas. (Anderson, 2022)

### **7.14 Protozoarios**

Los protozoarios son organismos unicelulares, los cuales requieren de 5 a 10 veces menos nitrógeno que las bacterias, cuando un protozoario se alimenta de una bacteria, libera nitrógeno. El nitrógeno liberado queda disponible para su absorción por las plantas. (Álvarez & Bello, s. f.)

### **7.15 Ciliados**

Los ciliados son uno de los grupos más importante de los protozoos, comunes en casi todos los lugares donde hay agua, pueden ser móviles o sésiles y la mayoría se alimenta de organismos, son caracterizados por mostrar cilios por lo menos en una etapa de su ciclo de vida. Son considerados como el grupo de protozoos más homogéneo, por lo que su monofilia es ampliamente reconocida. (Ma Antonieta Aladro Lubel, 2007)

### **7.16 Flagelados**

Los flagelados pertenecen a un grupo heterogéneo de protozoos con propiedades morfológicas variables pero caracterizados por la presencia de uno o mas flagelados que otorgan de movilidad al organismo. Ultra estructuralmente presentan las cualidades típicas de las células eucariotas, la mayoría son uninucleados, aunque hay flagelados de vida libre, algunos establecen relaciones simbióticas con diferentes especies vegetales y animales y muchos son parásitos del hombre. (Mayén-Estrada et al., 2014)

### **7.17 Amebas**

Las amebas, se destacan y pertenecen a uno de los principales grupos de la vida microscópica del suelo. Consumen desde material orgánico hasta bacterias, permitiendo con esta actividad el sano equilibrio entre las demás poblaciones microbiológicas del suelo. Las amebas permiten que, los hongos puedan trabajar la lignina y degradarla para convertirla en humus. (Price et al., 2014)

### **7.18 Nematodos**

Son conocidos comúnmente como gusanos redondos, los nematodos son uno de los grandes filos taxonómicos que se clasifican los invertebrados del reino animal. Son conocidos por su capacidad de infección y causa de enfermedades, tanto en plantas como en animales, siendo los responsables de la perdida de cultivos y plantas ornamentales. De esta forma los nematodos son considerados como uno de los fitopatógenos y parásitos más extendidos en cualquier rincón del planeta. (Laura Fdez. Roldán, 2023)

### **7.19 Rizosfera**

Considerada como el ecosistema terrestre más grande, la mayoría de estos organismos se encuentran en la rizosfera, que es la región del medio ambiente del suelo mantenida por las células del borde las raíces y los exudados liberados por estas, desde 2 mm sobre su superficie hasta 10 mm hacia la superficie. Las plantas producen mucilagos, rizo depósitos, nutrientes y exudados que atraen y sirven de alimento para los organismos que viven en la rizosfera. (Marquez, 2021)

## **7.20 Características de la rizosfera**

Las plantas exudan a través de sus raíces sustancias de origen orgánico, azúcares de bajo y medio peso molecular derivados de la fotosíntesis y de su actividad fisiológica en general, que estimula la población microbiana y que sirve como fuente nutritiva para los microorganismos. (Martinez, 2016)

## **7.21 Metodologías de aproximación mixtas**

### **7.21.1 Microscopia**

Uno de los métodos más utilizados para evaluar las comunidades microbianas del suelo es mediante microscopia, esta es una de las mejores formas de evaluar los microbios del suelo, por lo general se utiliza en microbiología para dos fines básicos que es la detección inicial de los organismos y la identificación de los mismo. (*MICROB: Microscopia*, s. f.)

### **7.21.2 MicroBIOMETER**

En primer lugar, las pruebas utilizadas para determinar la biomasa microbiana del suelo son consideradas demasiado costosas es por ello que se considera utilizar aplicaciones tecnológicas como en este caso el MicroBIOMETER (Prolific Earth Sciences, Inc., 2020), que fue diseñado para detectar bacterias y hongos por su pigmentación en una membrana especialmente diseñada. Esta aplicación permite que los usuarios determinen rápidamente si están logrando mejorar la actividad microbiana del suelo con una prueba de suelo innovadora y más económica como microbio meter. (Microbes, 2023)

## **7.22 Sistemas de producción**

La agricultura se distingue por varios tipos de sistemas de producción. Entre los más prominentes se encuentran tres. Uno de estos es el agroecológico, que se considera una agricultura más atada al ambiente y más sensible socialmente. En su práctica no solo destaca una centralidad en la producción, también se orienta a la sostenibilidad ecológica, mediante el aprovechamiento de los ciclos vitales de la naturaleza. (Chávez, 2021)



### **7.22.1 Sistema productivo agroecológico**

La Producción agroecológica requiere de prácticas especiales de manejo del suelo, entre ellas la más utilizada es la fabricación y aplicación de abono orgánico y compost. (Bejarano E., 1989). La Agroecología pretende no solo maximizar la producción de un cultivo, sino, también, optimizar el agroecosistema en lo económico, social y ecológico. La Agroecología incorpora un enfoque de la agricultura más ligado al entorno natural y más sensible socialmente, con una producción sostenible. (Martínez Castillo, 2017)

### **7.22.2 Sistema productivo tradicional**

En la agricultura tradicional no se toma en cuenta los efectos que puede producir sobre el medio ambiente, ya que el uso indiscriminado de productos químicos, la realización de labores que afectan a la resistencia normal de las plantas ante plagas y enfermedades, la destrucción de ecosistemas y la contaminación del suelo provocan la pérdida de calidad y fertilidad de los suelos. (*Agricultura ecológica vs agricultura tradicional*, s. f.)

### **7.22.3 Sistema productivo convencional**

Este sistema se caracteriza por el uso de maquinaria agrícola, semillas mejoradas, fertilizantes y pesticidas. De acuerdo con (Jardón, 2018) , la agricultura convencional está influenciada por el sistema capitalista, lo cual ha generado grandes externalidades al ambiente, debido al empleo excesivo de agroquímicos. Los fertilizantes y plaguicidas contaminan los recursos naturales y afectan la salud humana.

### **7.22.4 Sistema productivo degradado**

La recuperación de un sistema productivo consiste en la restitución de su capacidad productiva por unidad de área y por animal, incluso alcanzar grados ecológicos y económicos tolerables. El término recuperación supone la presencia de una o más especies forrajeras deseables que son susceptibles a ser conservadas o estimuladas. De ahí que, en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del sistema se debe tener en cuenta que las especies deseables tengan una aceptable composición botánica. (Padilla, s. f.)

### **7.22.5 Sistema productivo natural**

En los ecosistemas naturales hallamos una gran variedad de seres vivos e inertes, con relaciones complicadas entre sí, en estos ecosistemas los seres vivos consiguen la energía mediante el alimento a través de otros animales, plantas, microorganismos, etc. y la luz que en este medio es el sol de manera natural. (Cabanillas Hilario, s. f.)

## **8. PREGUNTAS CIENTIFICAS**

¿Se podrá analizar la biomasa de microorganismos y grupos funcionales del suelo en cinco sistemas de producción mediante una aproximación metodológica mixta?

## 9. METODOLOGIA

La investigación realizada tiene una metodología experimental con un método cualitativo y cuantitativo con observación directa y revisión bibliográfica.

**Determinar poblaciones de microbiota total en los suelos en 5 sistemas productivos de la provincia de Cotopaxi mediante microscopia**

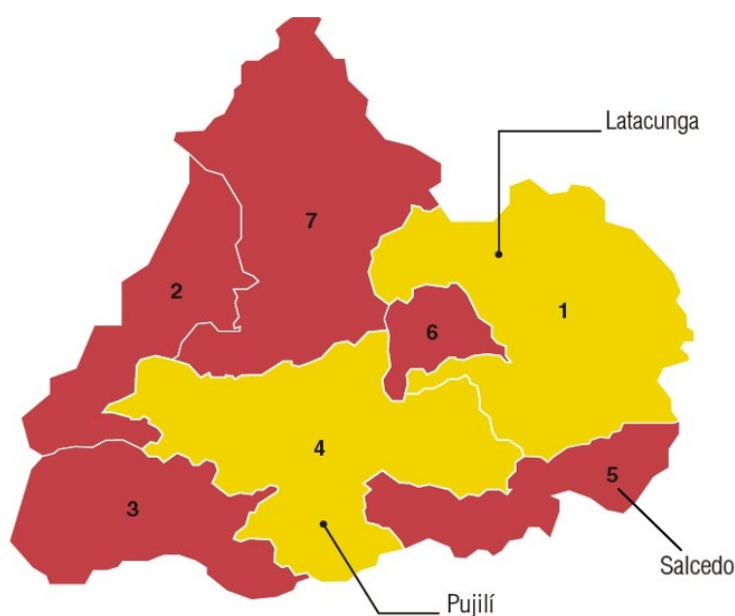
### 9.1 Revisión bibliográfica

#### 9.1.1 Área de estudio.

El presente proyecto de investigación se desarrolla en la provincia de Cotopaxi, para la delimitación del área de estudio, se buscó fincas que cuente con los 5 sistemas productivos, utilizando herramientas de ubicación geográfica (Google earth y Google maps GPS) se procedió al levantamiento geográfico con coordenadas y altitud exacta del piso altitudinal.

El mapa indica la provincia de Cotopaxi y los cantones en donde se realizará la investigación

**Ilustración 1 Mapa de la zona de estudio.**



**Fuente:** (Google maps)

**Tabla 4** Coordenadas UTM zonas de estudio

SECTOR	COORDENADAS UTM	ALTITUD
SALACHE	0° 20' 32.57" S   78° 26' 59.81" W	2.756 msnm
ISINCHE DE INFANTES	0° 59' 38.19" S   78° 40' 16.53" W	2.953 msnm
CARILLO	1° 4' 14.17" S   78° 40' 39.58" W	2.981 msnm

**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

**Tabla 5** Cantones zonas de estudio

PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA
SALACHE	LATACUNGA	COTOPAXI
ISINCHE DE INFANTES	PUJILÍ	COTOPAXI
CARRILLOS	SALCEDO	COTOPAXI

**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

## 9.1. 2 Descripción de las zonas

El presente estudio se llevó a cabo en cinco sistemas productivos (agroecológico, tradicional, convencional, degradado y natural) de las zonas **Salache, Isinche de Infantes y Carillo** en la Provincia de Cotopaxi con una altura entre los 2683 a 2990 msnm con una temperatura promedio que oscila entre 12°C a 8°.

### 9.1.2.1 Salache

Salache se encuentra ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, este lugar presenta una gran diversidad de hortalizas como la lechuga, acelga, cebolla, remolacha, col, entre otros; también, diferentes tipos de árboles forestales que cumplen un rol importante en la sostenibilidad del sitio. En esta zona la mayor parte del suelo tiene cangahua, suelos en recuperación. También se han desarrollado buenas prácticas agroecológicas en una pequeña parte

de esta zona, durante más de 5 años en donde se puede caracterizar como una buena zona de estudio e investigación.

#### **9.1.2.2 Isinche de Infantes**

Barrio Isinche, parroquia Pujilí, Cantón Pujilí, es una zona concurrida por turistas se dedican a la Producción de cultivos de ciclo corto y a la ganadería, tiene un suelo de textura arenosa fina y gruesa, con menos del 1% de materia orgánica; es decir, baja fertilidad y temperatura de 6 y 28 °C. (Prefectura Cotopaxi, 2014)

#### **9.1.2.3 Carrillo**

Barrio Carrillo, parroquia Cusubamba, Cantón Salcedo, es una zona que se dedica a la ganadería y también con alta producción de tomate riñón, en la zona media su tipo de suelo es arenos-arcillosos, encontrándose también suelos limosos con menos de 30% de arcilla y poco ácidos, la principal actividad económica que se desarrolla es la agricultura, por lo que la mayoría de las familias se dedican a lo mismo, tienen una economía determinada de producción agrícola y pecuaria para el autoconsumo y también para el mercado provincial y nacional.

### **9.2 Fase de campo**

#### **9.2.1 Muestreo de los sistemas productivos**

##### **Recolección**

La recolección del suelo de cada sistema productivo se la hizo de acuerdo a (Liliana San Martino, 2022) donde nos dice que las muestras deben ser tomadas en zonas libres de cultivo, evitando lugares especiales tales como canales, zonas inundadas, alambrados, etc. Por cada sistema, tomar al menos 20 submuestras en zigzag (ilustración 2), esto permite tomar la mayor cantidad de variabilidad esperada en las diferentes parcelas, las submuestras se toman solamente en la rizosfera, es decir de 0 a 30 cm de profundidad (ilustración 3).



**Muestra 1 (Salache).** Se utilizó el método de las normas del INIAP de 1974, que establece que las muestras de suelo deben tomarse de áreas libres de fertilizantes inorgánicos y actividades culturales, profundidad de muestreo de 20 a 30 cm. (Bejarano E., 1974)

**Muestra 2 (Isinche de infantes).** Se utilizó el método de las normas del INIAP de 1974, que establece que las muestras de suelo deben tomarse de áreas libres de fertilizantes inorgánicos y actividades culturales, profundidad de muestreo de 20 a 30 cm. (Bejarano E., 1974)

**Muestra 3 (Carrillo).** Se utilizó el método de las normas del INIAP de 1974, que establece que las muestras de suelo deben tomarse de áreas libres de fertilizantes inorgánicos y actividades culturales, profundidad de muestreo de 20 a 30 cm. (Bejarano E., 1974)

**Tabla 6** Simbolización de muestras

Número de sectores	Sectores	Sistemas por sector	Tipos de sistemas productivos	Código de muestra
1	SECTOR SALACHE	1	Tradicional	CX01TR
		2	Agroecológico	CX01AE
		3	Convencional	CX01CO
		4	Degradado	CX01DE
		5	Entorno Referencial	CX01ER
2	SECTOR ISINCHE DE INFANTES	1	Tradicional	CX02TR
		2	Agroecológico	CX02AE
		3	Convencional	CX02CO
		4	Degradado	CX02DE
		5	Entorno Referencial	CX02ER
3	SECTOR CARILLO	1	Tradicional	CX02TR
		2	Agroecológico	CX02AE
		3	Convencional	CX02CO
		4	Degradado	CX02DE
		5	Entorno Referencial	CX02ER

**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 9.2.2 Empaquetado y etiquetado de muestras.

- Las muestras se colocaron en fundas ziploc con su respectiva identificación del lugar y que tipo de sistema productivo con números de 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 la segunda muestra 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, y la tercera muestra 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 donde fueron tomadas cada una, previo a su análisis.

**Ilustración 4** Etiquetado muestras

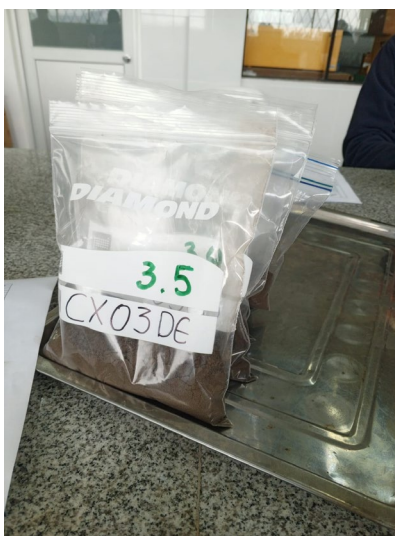


**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 9.2.3 Almacenamiento de las muestras de suelo

- Recolectar todas las muestras de suelo y conservarlas en un freezer a una temperatura adecuada para que puedan mantenerse hasta iniciar con las prácticas de laboratorio.

**Ilustración 5** Almacenamiento de muestras



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024



### 9.3 Fase de laboratorio microscopia

#### 9.3.1 Identificación de los grupos funcionales por microscopia

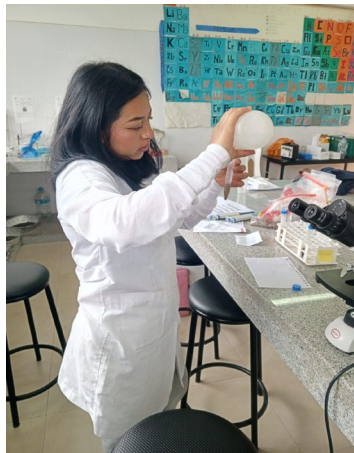
Preparación y dilución de las muestras de suelo en el laboratorio.

Preparar diluciones seriadas para obtener una concentración adecuada de microorganismos para la observación en el microscopio.

*Dilución para la observación de nematodos, hongos y protozoarios*

- Se toman 4mL de agua destilada o agua de lluvia y se colocan en un tubo de ensayo graduado y con tapa.

#### **Ilustración 6** dilución muestras de suelo



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Se añaden porciones del suelo muestreado en pequeñas cantidades, hasta completar 5 ml de la solución

### Ilustración 7 dilución de suelo



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Se agita la solución, de tal forma que a. Se sostiene el tubo tapado con el brazo a  $90^\circ$  Se lo inclina hasta que el brazo quede a  $180^\circ$ . Cada agitación (ir de  $90^\circ$  a  $180^\circ$  y de regreso) debería ocurrir en un segundo, es decir el movimiento se hace 30 veces.

### Ilustración 8 Método de agitación



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Después de agitar, se deja reposar la muestra por otros 30 segundos, o el tiempo que toma retirar la tapa del tubo de ensayo.

**Ilustración 9: Muestra reposada**

**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Tomar una pipeta Pasteur y tomar la muestra que se observará.
- Observación e identificación de organismos: nemátodos, hongos y protozoarios.

**Ilustración 10 Observación en microscopio**

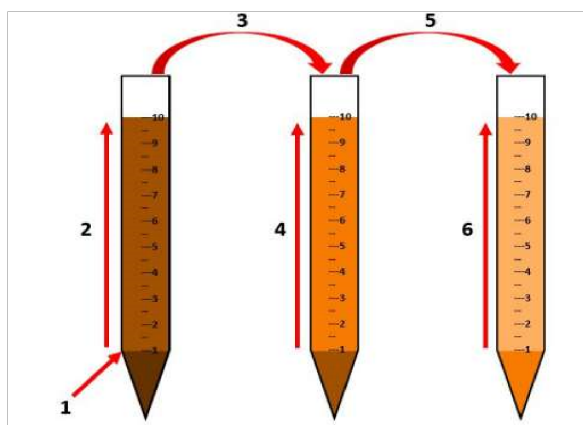
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### *Dilución para la observación de bacterias*

Para el conteo de bacterias se debe preparar la segunda dilución, que es de 500.

- Para esto, se toma 1 ml de la dilución original de y se la diluye con 9 ml de agua destilada. Luego se repite el mismo procedimiento hasta completar un tercer tubo de ensayo con la dilución de suelo

**Ilustración 11** Dilución seriada

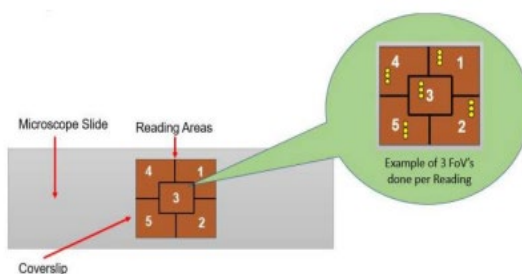


**Fuente:** (Bess Ruff, MA., 2016)

### **9.3.2 Identificación de microorganismos existentes en las muestras**

- La observación de organismos se hace de forma sistemática, tomando el área del cubre objetos como una representación del punto de muestreo. El mismo se divide en 5 sub áreas o cuadrantes, y se observan entre 1 y 10 Campos De Visión (CDV) por cada cuadrante.

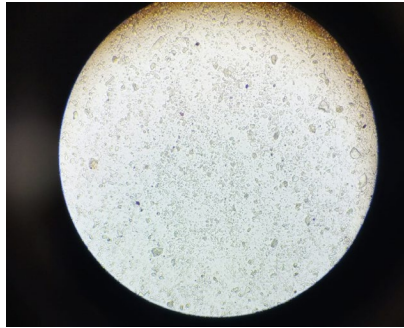
**Ilustración 12** Cuadrantes a observar microscopio



**Fuente:** (Dr. Elaine Ingham, s. f.)

- Los microorganismos a observarse son:
  - a. Hongos
  - b. Oomicetos
  - c. Actino bacterias
  - d. Flagelados
  - e. Amebas
  - f. Ciliados
  - g. Nemátodos

**Ilustración 13** Observación microscopio

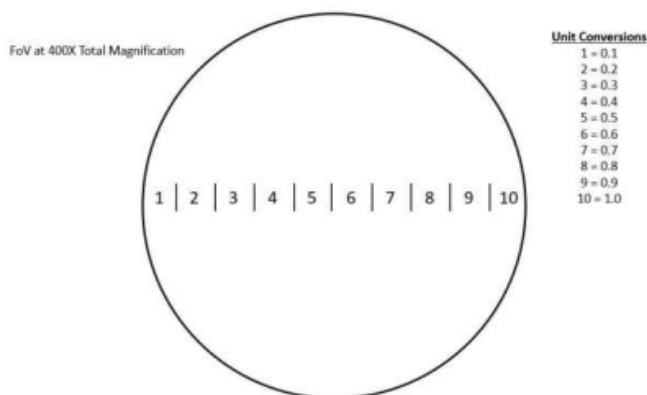


**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Los tres grupos de organismos benéficos corresponden a actinobacterias, hongos y protozoarios, la presencia o ausencia de estos organismos determina cuantos campos de visión se observa por cuadrante.
- Primero se hace un barrido general por la placa de la muestra en busca de nematodos, donde se cuentan y se clasifican por su grupo funcional.
- Los tres primeros grupos, hongos, actinomicetos y oomicetos, deben ser medidos mediante una proporción.

Donde se toma como referencia el diámetro del campo de visión como la unidad (1), la longitud si la hifa se extiende el cuarto del campo de visión, se asume que mide 0.25, si se extiende a la mitad del campo su medida de longitud será de 0.5. Estas son medidas estimadas, a discreción del observador. (Dr. Elaine Ingham, s. f.)

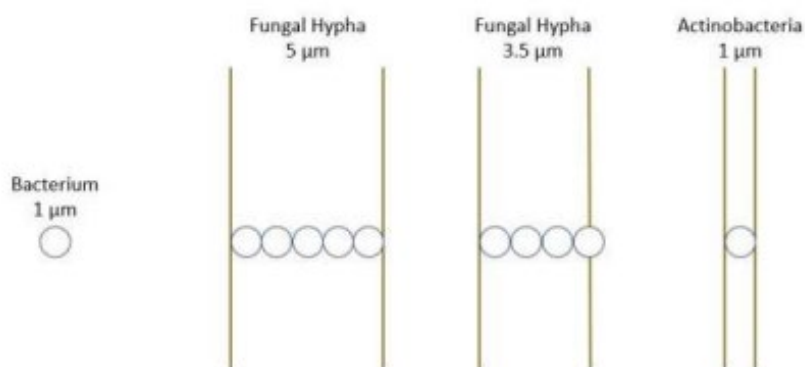
### Ilustración 14 Diámetro de la hifa



**Fuente:** (Dr. Elaine Ingham, s. f.)

- De igual manera se anota el ancho de la hifa, considerando como unidad de partida a la bacteria visible más pequeña.

### Ilustración 15 Ancho de hifa



**Fuente:** (Dr. Elaine Ingham, s. f.)

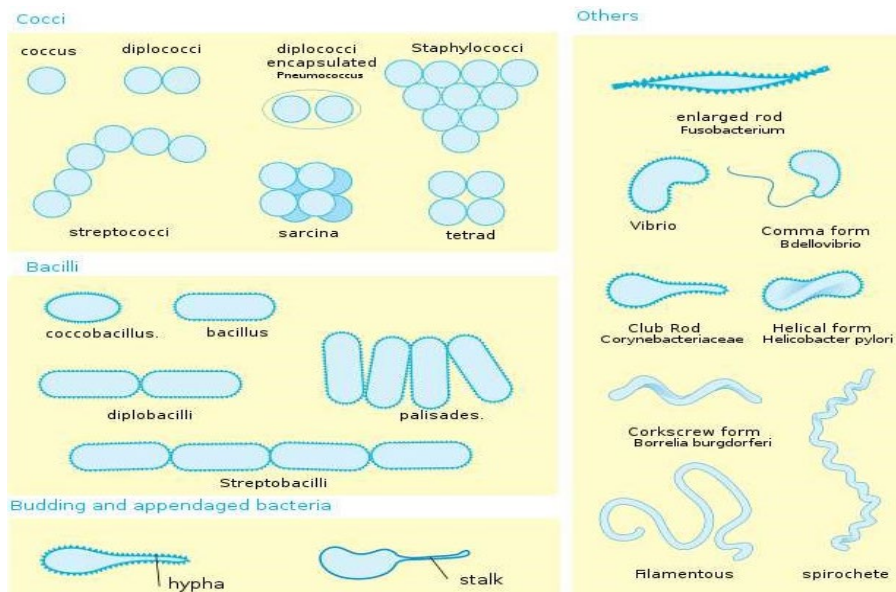
- Después, se observan y se anotan los organismos encontrados por unidades

#### *Observación de bacterias*

- La observación de bacterias se cuenta el número total en un CDV por área. Al mismo tiempo, se puede tomar nota de las formas de las bacterias observadas, teniendo en cuenta que habrá diferencias morfológicas, que definen tres grandes grupos aeróbicas

(cocos, bacilos, cocobacilos), anaeróbicas (estreptococos, diplobacilos) y patógenas (espiroquetas, espirilas y vibrios)

### Ilustración 16 Tipos de bacterias



Fuente: («Bacteria», 2024)

Se puede escoger no contar todo el campo de visión, sino solo una parte es decir la mitad o la cuarta parte del campo de visión.

### Ilustración 17 Campos de visión



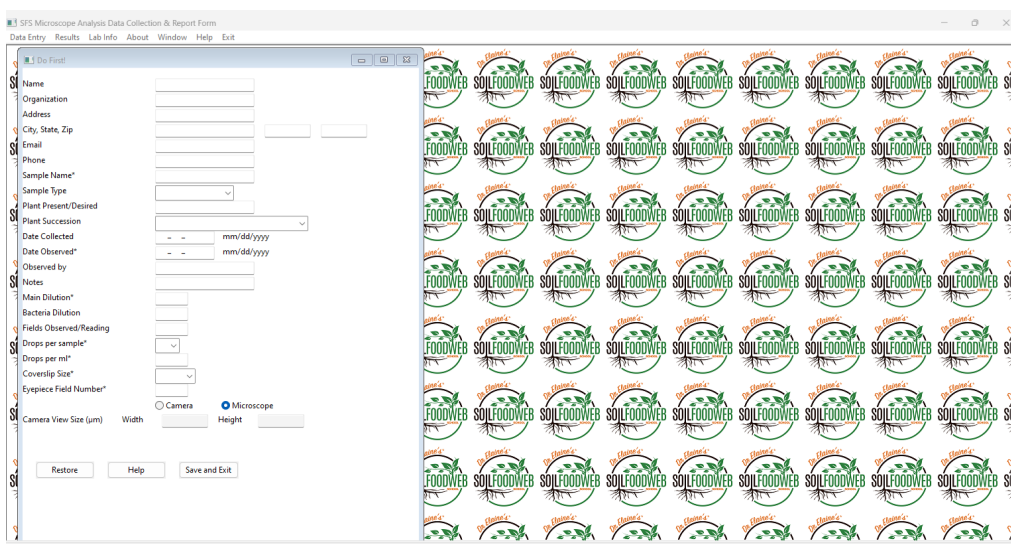
Fuente: (Dr. Elaine Ingham, s. f.)



### 9.3.3 Descripción de los microorganismos en la aplicación SMap

- Una vez que se definió la dilución y el factor de conteo de bacterias, esta información es necesaria para la aplicación y poder continuar con el conteo.
- Se cuenta el número de bacterias observadas en el campo de visión por área y al mismo tiempo reconocer las formas de las bacterias observadas.
- Finalmente, con las notas y observaciones de los microorganismos, se procede a transcribir los datos obtenidos a la aplicación.

**Ilustración 18** Aplicación SMap soil microscopy



**Fuente:** (Dr. Elaine Ingham, s. f.)

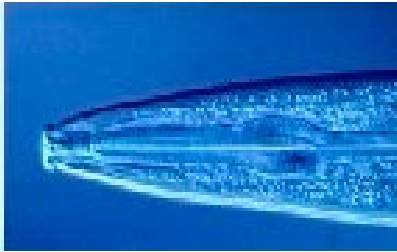


### 9.3.4 Clave dicotómica

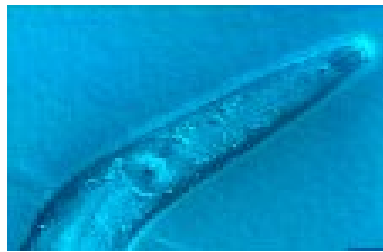
Para la identificación de los microorganismos utilizamos las siguientes claves dicotómicas ya que son herramientas que se emplean para la determinación de distintas especies de organismos mediante una comparación

#### Tipos de Nemátodos

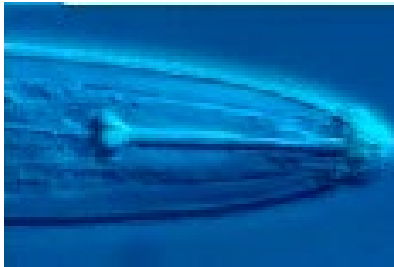
##### Se alimentan de bacterias



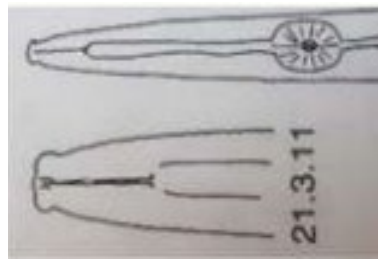
##### Se alimentan de hongos



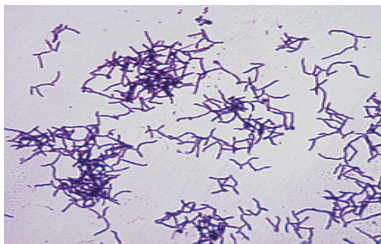
##### Se alimentan de raíces



##### Depredadores



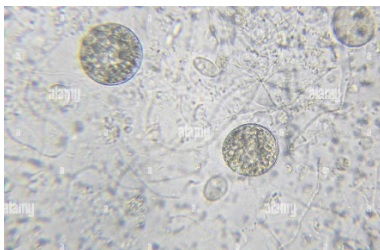
#### Actinobacteria



#### Oomicetos



#### Flagelados



#### Ciliados (ciliophora)

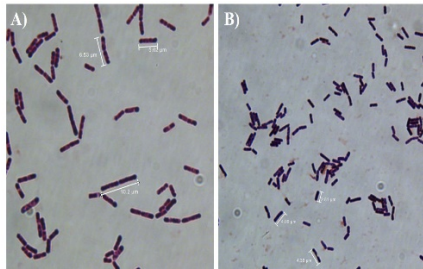


**Amebas**

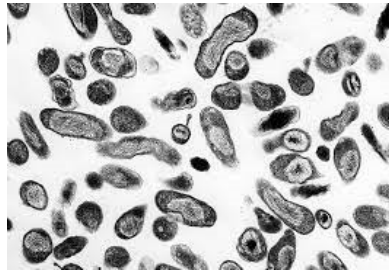


**BACTERIAS**

**Bacilo**



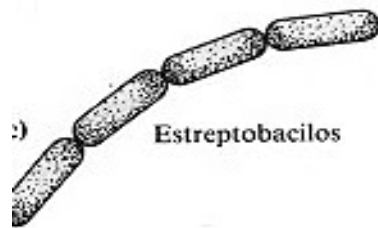
**Cocobacilo**



**Diplobacilo**

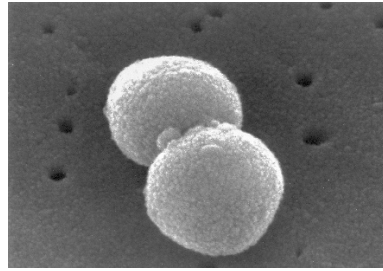
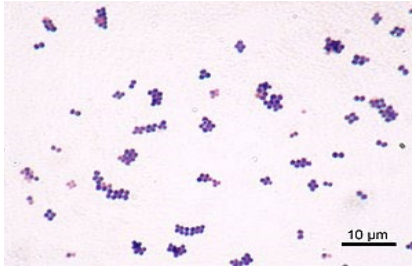


**Estreptobacilo**



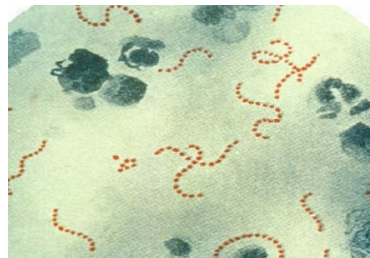
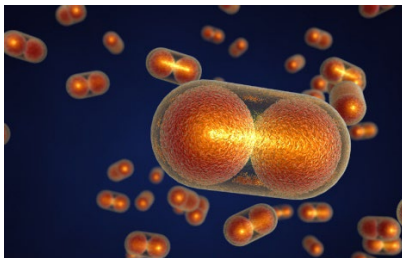
**Coco**

**Diplococo**



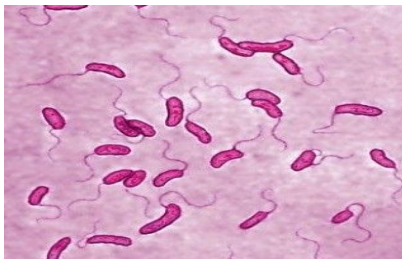
**Diplococo encapsulado**

**Estreptococo**

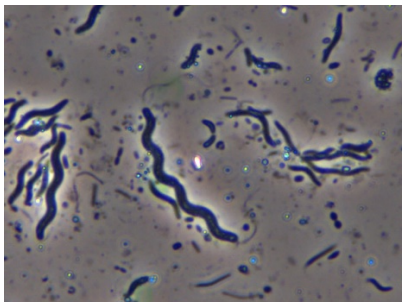


**Vibrio**

**Espiroquetas**



**Espirilos**



## 9.4 Fase de laboratorio microBIOMETER

Analizar la relación que existe entre hongos y bacterias mediante MicroBIOMETER.

### 9.4.1 Preparación de las muestras de suelo para microBIOMETER.

- Tamizar la tierra en la bolsa de plástico suministrada o en un recipiente de su elección. Retire la materia orgánica de gran tamaño, como piedras o ramas.

**Ilustración 19** Tamizado de muestras



**Elaborado por: Gómez Camila, 2024**

- Llene el tubo de medición tapado hasta arriba con agua y añádala a un tubo de extracción. El volumen del tubo corresponde a 10 ml.

**Ilustración 20** Preparación de muestra



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Añadir el polvo de extracción y vacíe el contenido en el tubo de extracción. batir durante unos segundos, mezclando el polvo con la dilución.

### **Ilustración 21** Sal que extrae exudados



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Medir suelo con la jeringa del muestreador con tierra tamizada hasta la marca de 1 ml. presionar el dedo contra la punta de la jeringa y compactar la tierra hasta la marca de 0,5



ml, eliminando cualquier exceso de la punta de la jeringa y se añade la tierra medida al tubo de extracción.

- Mezclar de solución y dejar reposar el batidor en la boca del tubo, mezclar la solución durante 30 segundos utilizando un temporizador.

**Ilustración 22** Batidor de muestras



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Dejar reposar el tubo de extracción durante 5 minutos. Una vez transcurrido tiempo, golpear el fondo del tubo 3 o 4 veces sobre una superficie dura para sedimentar los restos flotantes y dejar reposar el tubo de extracción 15 minutos más.

**Ilustración 23** Muestras en reposo



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

- Utilizar una pipeta pequeña para aspirar la solución desde aproximadamente 1 pulgada 8 por debajo de la superficie, evitando cualquier residuo.

#### **Ilustración 24** Muestras para MicroBIOMETER

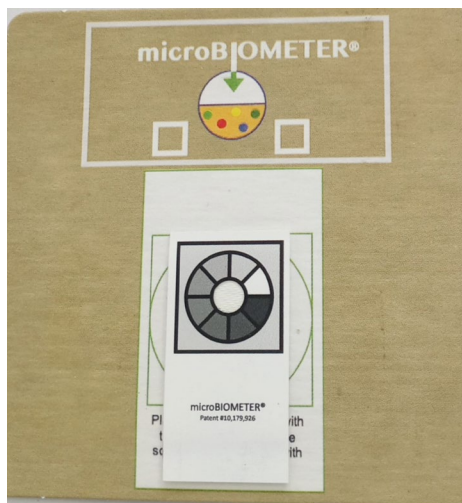


**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

#### **9.4.2 Identificar mediante el microbio meter la densidad de microbiota del suelo**

Aplicar 3 gotas de la solución en el orificio de la tarjeta medidora. Dejar que cada gota se absorba completamente antes de añadir la siguiente y evitar mojar la escala de grises impresa que rodea el orificio de la tarjeta.

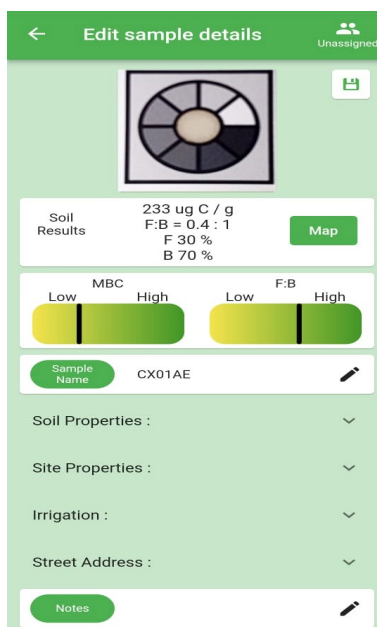
**Ilustración 25** Tarjeta MicroBIOMETER



**Fuente:** (Gordon, 2021)

Trascurridos dos 2 minutos más procedemos a escanear con la app para que nos de la densidad de microbiota total del suelo muestreado. Posteriormente determinamos la relación hongo– bacteria.

**Ilustración 26** Resultados App MicroBIOMETER



**Fuente:** (Prolific Earth Sciences, Inc., 2020)



## 10 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 10.1 Biomasa total en cinco sistemas productivos y grupos funcionales por microscopia

**Tabla 7** Nro. de lotes sector Salache

	<b>Sistemas productivos</b>	<b>Nro. LOTE</b>
<b>SALACHE</b>	Agroecológico	<b>3</b>
	Convencional	<b>10</b>
	Tradicional	<b>6</b>
	Degradado	<b>Terrazas de recuperacion</b>
	Natural	<b>2</b>

**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

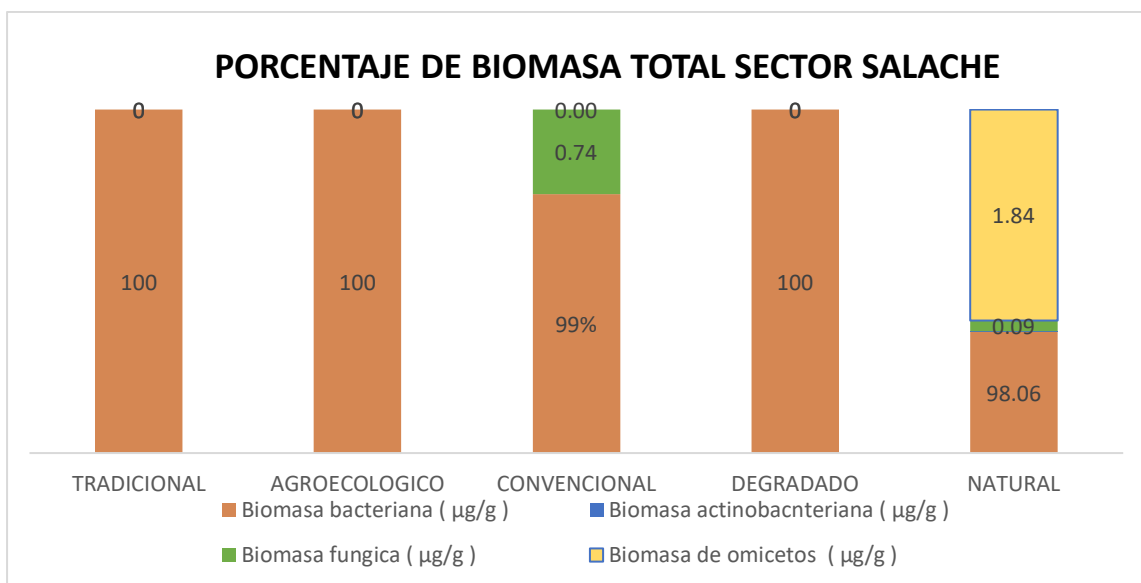
#### 10.1.1 Biomasa total de la zona Salache

En el grafico 1 podemos observar que en el sector Salache en los cinco sistemas productivos existe biomasa de microorganismos, donde se evidencia que la biomasa bacteriana prevalece en todos con un porcentaje del 100% en el tradicional, agroecológico y degradado con porcentajes del 99% y el 98% en el convencional y natural respectivamente, esto es similar a lo expuesto por (Paolini Gómez, 2018) donde indica que la biomasa bacteriana al ser la parte viva del suelo actúa como un indicador importante para determinar la calidad y fertilidad del suelo y que el mayor contenido de biomasa bacteriana en los sistemas productivos bajo el manejo agroecológico y tradicional está ligado a los niveles de materia orgánica y cultivos establecidos.

La biomasa fúngica solo está presente en el convencional con 0,74 % y el 0,09 % en el natural lo que indica que no existe biomasa fúngica identificada en el resto de sistemas lo que puede darse por la cantidad de biomasa bacteriana en estos sistemas, teniendo en cuenta con lo estipulado por (Vázquez et al., 2016) que la biomasa fúngica es uno de los parámetros más utilizados para estudiar el impacto de la actividad microbiana en los suelos; con respecto a las actividades agrícolas, donde afecta la estructura y funcionamiento del mismo, en cuanto a la

biomasa de omicetos solo está presente en el sistema natural con un 1,84% lo que podemos deducir, que en este sistema existe mayor biodiversidad de microorganismos, estos datos coincide con la investigación de (WingChing-Jones & Lorío, 2016) donde detallaron que en el ecosistema natural existe una mayor diversidad de plantas, y por ello diversidad de hongos y bacterias, sin embargo es importante comprender que los microorganismos del suelo transforman los compuestos orgánicos e inorgánicos y liberan nutrientes de manera tal que las plantas pueden alimentarse, según la (FAO, 2020) estas transformaciones son vitales para la filtración, la degradación y la inmovilización de los contaminantes en el suelo, además la diversidad de los suelos contribuye a mejorar la calidad y fertilidad del mismo.

**Figura 1** Biomasa total sector Salache



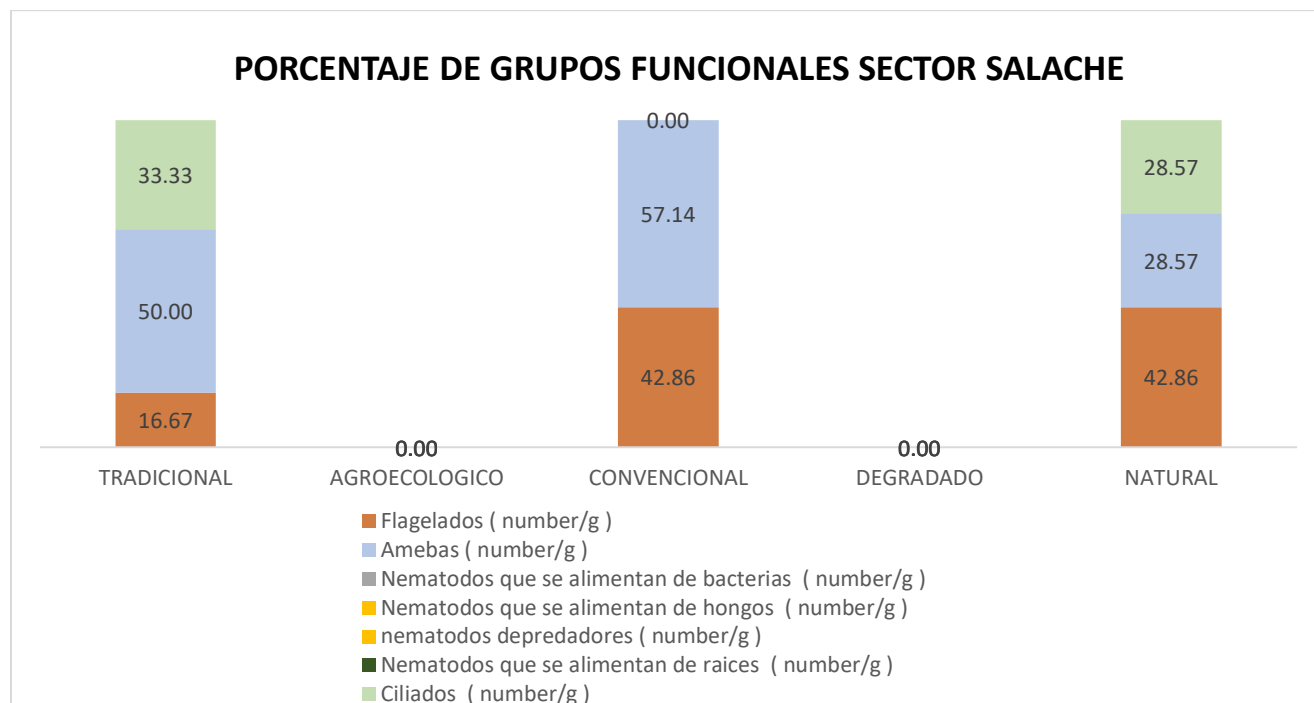
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 10.1.2 Biomasa grupos funcionales de la zona Salache

Como se puede apreciar en la figura 2 existe una diversidad de microorganismos en dos sistemas de producción, tanto en el tradicional como en el natural, se conoce que estos organismos desempeñan un papel importante en el ciclo de los nutrientes, la estructura y la salud del suelo, el almacenamiento del carbono, la retención de agua y el crecimiento de las plantas. (Wavinya, 2023) El grupo de protozoos flagelados está presente con 16.67% en el sistema tradicional y 42.86% en el convencional y natural concordando con el artículo publicado por (quimcasa, 2020) donde recalca que los flagelados dominan los suelos menos perturbados, suelos ácidos y son susceptibles a altas temperaturas. En cuanto al grupo de amebas que se identificó el 50% en el tradicional, 57.14% en el convencional y 28,57% en el natural, dándonos cuenta que es el grupo con mayor prevalencia, según (Almeida, 2017) las amebas son las que consumen el 60% de la población de suelo y pueden emitir pseudópodos y cambiar su estructura para obtener nutrientes en poros del suelo y lugares inaccesibles para otros microorganismos.

Así mismo los datos recolectados del grupo de Ciliados encontrados es en el sector de Salache al ser suelos franco limosos con fuertes procesos de erosión, existen en menor cantidad con 33.33% en el tradicional y 28.57% en el natural, de acuerdo con lo estipulado por (Ma Antonieta Aladro Lubel, 2007) estos microorganismos habitan especialmente en suelos con cierta humedad ya que existen especies que carecen de superficie protectora y depende de una humedad relativa en el medio para poder alimentarse y crecer, finalmente no se identificó ningún tipo de microorganismos en el sistema de producción agroecológico y degradado, esto puede ser por malas prácticas agrícolas como el monocultivo, que agota nutrientes del suelo, el riego ineficaz que afecta en la estructura de la tierra o la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos que conduce a la degradación del suelo. (Petro Kogut, 2023)

**Figura 2** Porcentaje de grupos funcionales sector Salache



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2023

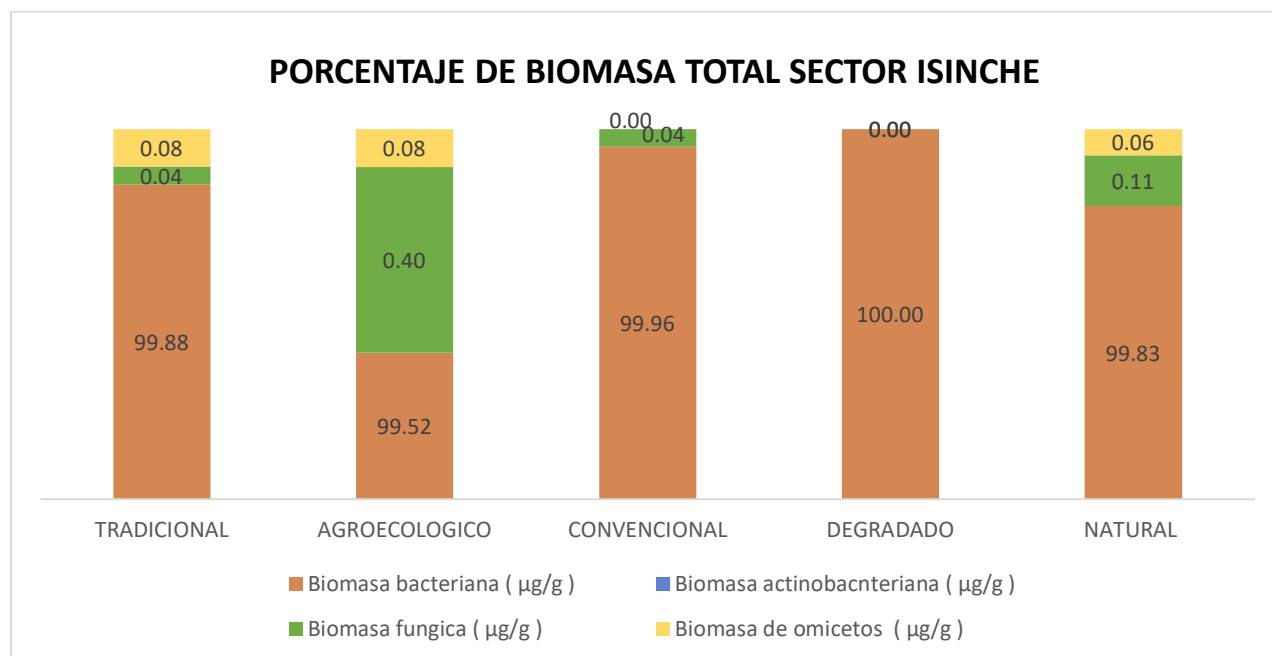
### 10.1.3 Biomasa total de la zona Isinche de Infantes

Como se observa en el gráfico 3, para el sector de Isinche de Infantes en los cinco sistemas productivos existe biomasa bacteriana, de la misma manera se evidencia masa fúngica para los sistemas, a excepción del sistema degradado. También se encontró biomasa de omicetos en tres sistemas (tradicional, agroecológico y natural). Indicando que las bacterias usan los residuos derivados de materias orgánicas, descomponiéndola y mineralizando nutrientes como nitrógeno fosforo y azufre, liberándolo al suelo en formas que puedan ser usadas por las plantas. (Alicia Maria Gonzáles Céspedes, 2022)

Con respecto a la biomasa fúngica existente en el sector, según lo descrito por (Sánchez et al., s. f.) se debe a la escasa presencia de residuos orgánicos, quema de residuos y alto uso de enmiendas y agroquímicos, en el agroecológico existe masa fúngica ya que de acuerdo a lo estipulado por (Labrador, 2008) los nutrientes que requieren los organismos son sustancias que se emplean en la producción de energía, algunos organismos utilizan los mismos nutrientes para realizar sus funciones como la fijación de nitrógeno en las plantas. Así mismo, tomando en cuenta que en el entorno de referencia y estudios llevados a cabo por (Barrios et al., 2006) recalcan que al existir diversidad de microorganismos presentan una gran capacidad de degradar materia orgánica compleja, participan en la formación de humus a partir de restos orgánicos frescos y al degradar residuos vegetales y animales contribuyen significativamente a la formación de agregados estables en el suelo.

En cuanto a la biomasa de omicetos identificada con un porcentaje de 0.08% en el sistema tradicional y agroecológico y 0.06 % en el natural teniendo en cuenta que el suelo del sector se caracteriza por ser limo arcilloso donde existe la presencia de humus, arena, arcilla y roca madre, según lo descrito por (Gabriela Pérez, s. f.) donde recalca que la escases de diversificación de siembras ha llevado a que los suelos se estropeen y al no existir un control de los cultivos estos generan inestabilidad y desequilibrio.

**Figura 3** Porcentaje de grupos biomasa sector Isinche



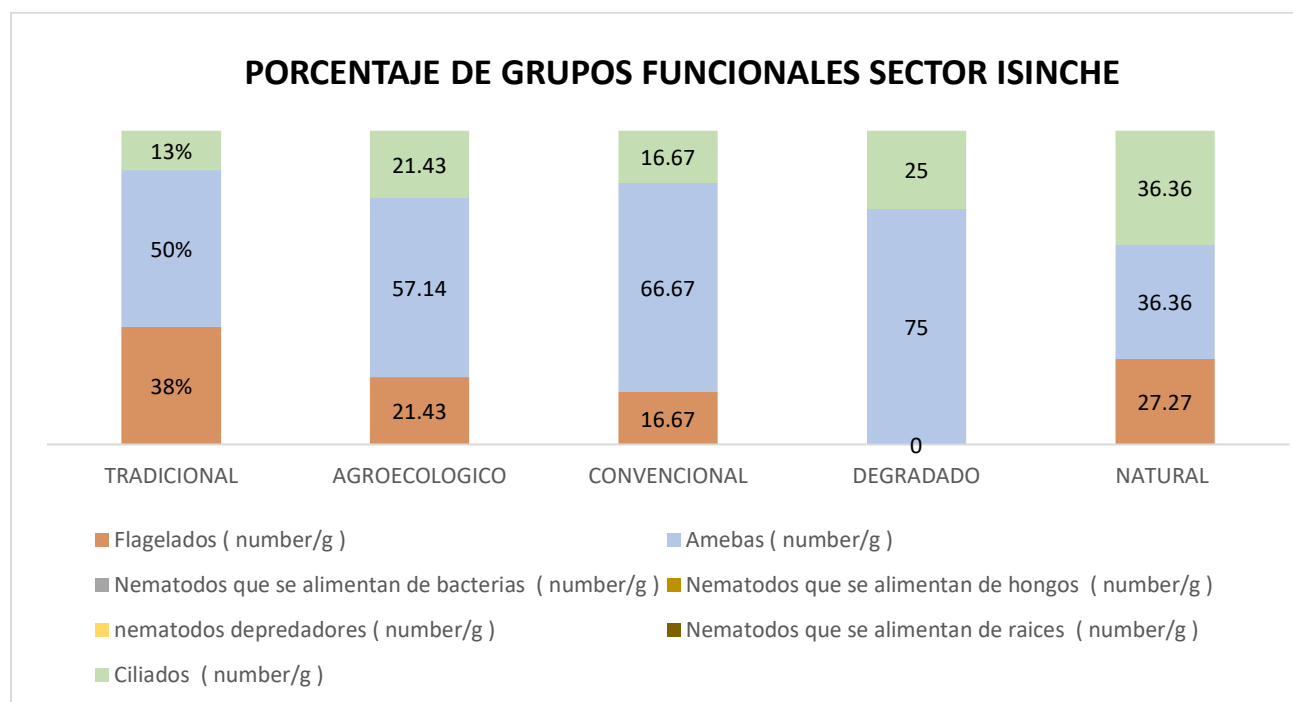
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

#### 10.1.4 Biomasa de grupos funcionales de la zona Isinche de Infantes

En el grafico 4 podemos observar que en el sector Isinche de infantes en los cinco sistemas productivos existe diversidad de microorganismos, donde se evidencia que el grupo de flagelados prevalece en todos en un porcentaje del 38% en el tradicional, 21.43% en el agroecológico, 16.67% en el convencional y 27.27% en el natural, teniendo en cuenta que la gran variedad de microorganismos presentes en el suelo ofrecen una gran variedad de servicios ecosistémicos, de esta manera los grupos funcionales microbianos son importantes al momento de evaluar la calidad del suelo debido a que responden de manera sensible a las alteraciones causadas por quemas o incendios forestales, actividades como labranzas y ganadería. (Gómez Reyes & Luna Fontalvo, 2018) El grupo con mayor presencia en los sistemas de producción son las amebas, con 50% en el tradicional, 57.14% en el agroecológico, 66.67% en el convencional, 36.36% en el natural y en su mayoría con 75% en el degradado de acuerdo con lo dicho por las amebas de vida libre liberan nutrientes fijados en la biomasa bacteriana mediante la depredación con lo que estos quedan disponibles para las plantas. (Zaragoza et al., 2005)

El grupo de ciliados prevalece en todos los sistemas productivos presentando una incidencia menor a los demás grupos identificados, lo que se puede deducir que el suelo de donde se obtuvieron las muestras eran suelos con poca labranza pero con aplicación alta de pesticidas y fertilizantes químico, corroborando con el artículo publicado por (NPIC, 2015) aunque muchos microorganismos son altamente sensibles a los efectos adversos de los plaguicidas. Uno de los efectos principales puede ser la muerte de todos o parte de los organismos.

**Figura 4** Porcentaje de grupos funcionales

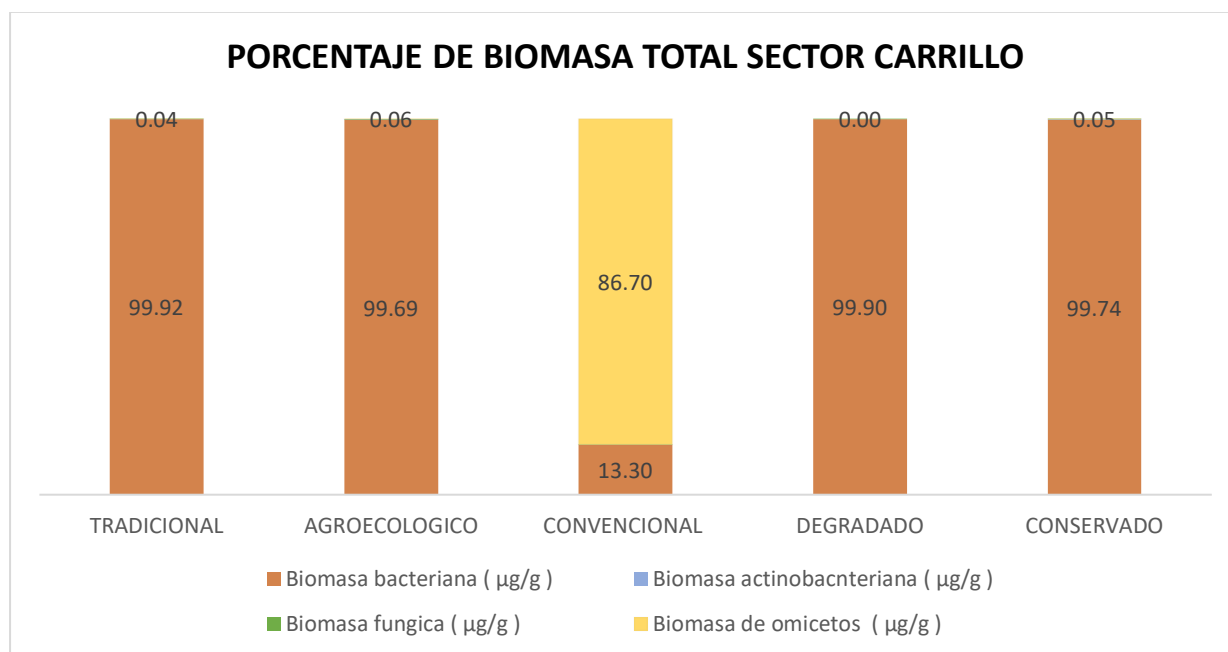


**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 10.1.5 Biomasa de biomasa total de la zona Isinche de Infantes

En el grafico 5 del sector Carillo se observa que existe dominancia de biomasa bacteriana en los sistemas productivos con el 99.90% en el caso del tradicional, agroecológico, degradado y natural, mientras que en el convencional hay mayor variedad de biomasa con el 13.30 % de biomasa bacteriana y 86.70 % de biomasa de omicetos y un 0% en los demás sistemas productivos, estos datos corroboran con (Venegas et al., s. f.) donde aclara que los cultivos en esta zona son de papa, maíz, pastos como alfalfa y crianza de ganado que corresponde al ingreso económico más importante, en consecuencia tomando en cuenta que este tipo de cultivos son producidos con altos contenidos de agroquímicos causando así la degradación y disminución de biomasa total y finalmente la biomasa fúngica que existe en menor cantidad solamente en tres sistemas productivos con el 0.04% en el tradicional, el 0.06 en el agroecológico y e 0.05 en el conservado, tomando en cuenta lo descrito por (Marcos Valle et al., 2019) considerando el uso del suelo, la mayor diversidad de plantas podría promover una mayor riqueza de especies microbianas debido a la presencia de una mayor variedad de interacciones entre plantas y microorganismos. Por el contrario, una comunidad microbiana más homogénea en su composición puede estar asociada con una baja diversidad de plantas.

**Figura 5** Porcentaje de biomasa



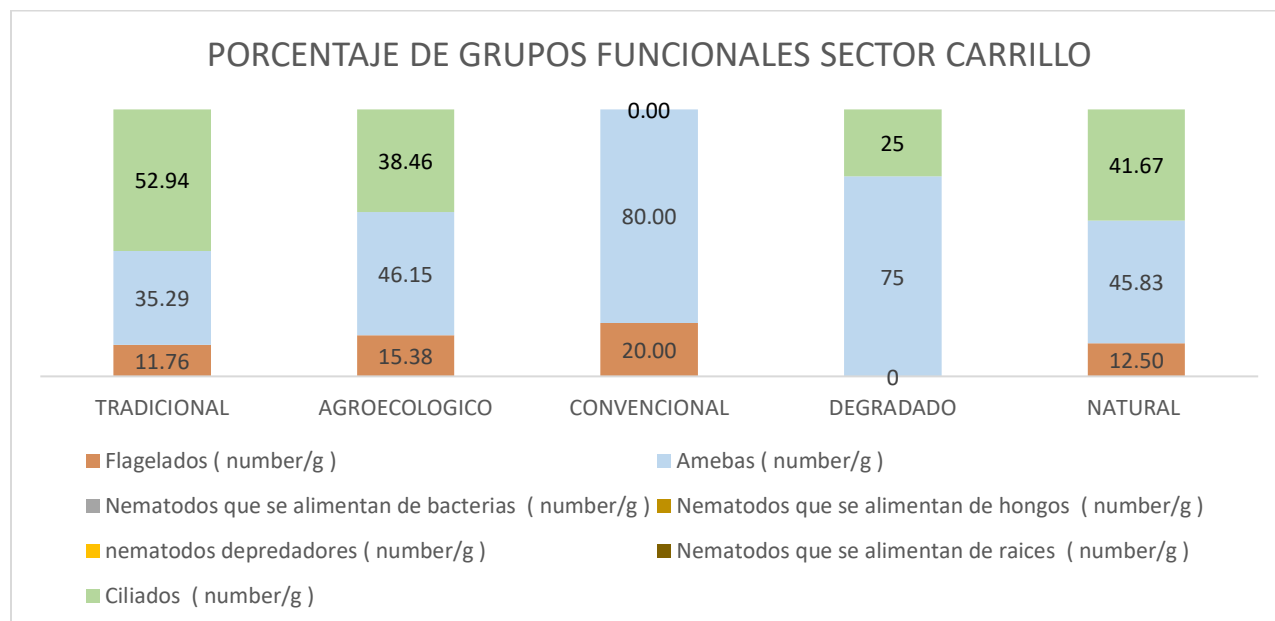
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024



### 10.1.6 Biomasa de grupos funcionales de la zona Carrillo

La estimación de actividad microbiana indica que son variables significativamente más altas en suelos con manejo agroecológico con un 15.38% en flagelados, 46.15% en amebas y 38.46 en Ciliados. En el sistema productivo tradicional Existe el 11.76% en flagelados, 35.29 en amebas y 52.94 en ciliados y en ecosistemas referenciales con 12.50% flagelados, 45.83 en amebas y 41.67 en ciliados a comparación de los sistemas productivos convencionales que solo se identifica con 20% de flagelados y 80% de amebas, donde se entiende que no contiene una alta actividad microbiana teniendo en cuenta que se utiliza más pesticidas y en el sistema degradado con el 75% de amebas y 25% de ciliados, estos datos corroboran con el artículo publicado por (JACTO, 2022) las características biofísicas se ven afectadas por una combinación de procesos, tales como la contaminación, el suelo degradado tiene una baja productividad biológica es decir carece de materia orgánica y actividad microbiana, esto le quitara si capacidad fértil y por ende el proceso de crecimiento vegetal.

**Figura 6** Porcentaje de grupos funcionales



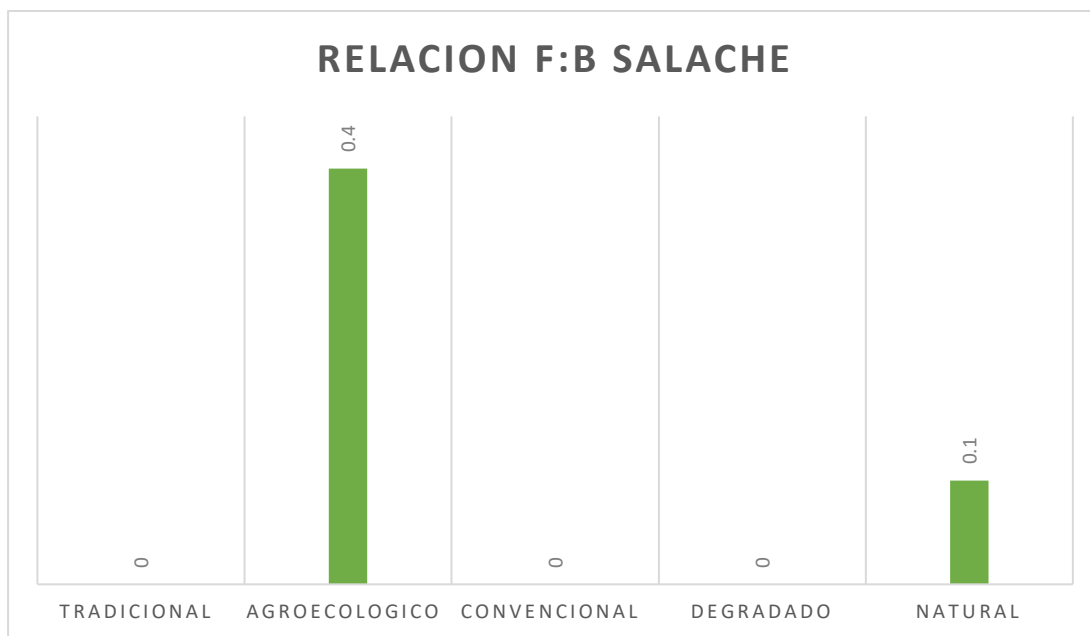
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

## 10.2 Relación hongo: bacteria mediante MicroBIOMETER

### 10.2.1 Relación hongo: bacteria de la zona Salache

En la zona Salache (grafico 8), la relación bacterias hongos evidencia solo para los sistemas (agroecológico) con una relación de 0.4; es decir, 30% de hongos y 70% de bacterias, esta relación permite demostrar una mayor concentración de bacterias tomando en cuenta que pudo existir un mal manejo agrícola en este tipo de suelo como afirma (Vasyl Cherlinka, 2024) que las principales causas de la pérdida de suelos y actividad microbiana se debe al uso de fertilizantes o abonos de manera excesiva, cultivo continuo de cosechas, monocultivo, labranza intensa o eliminación total de los residuos de los cultivos. Esto tiene importantes repercusiones negativas no solo en la producción agrícola, también en los ecosistemas cercanos y de acuerdo con el estudio de (FAO Montes 131, 1996) el suelo se conserva debido a la capa de vegetación que lo cubre, las hojas atenúan el impacto de la lluvia, del calor del sol y de los vientos fuertes sobre el suelo y las raíces ayudan a sostenerlo. El follaje que cae forma una capa de defensa y ayuda a la formación del humus.

Así mismo, en el sistema (natural o conservado) con una relación de 0,1; esto es, el 5% hongos y 95% bacterias, esta relación permite constatar que tenemos una baja densidad de hongos según (Armenia Velázquez, 2023), si la relación h:b es menor de 0,001 se considera que predominan bacterias. Si, por el contrario, la relación de a 0,1, se considera que a pesar de que el suelo presente dominancia bacteriana, está en camino de recuperación de hongos y desde el punto de vista de (Odum, 1969) y (K. Baker , RJ Cook, 1974) una mayor diversidad de especies concede una estabilidad y madurez a los ecosistemas, que permite alcanzar un control biológico natural de la microbiota del suelo en contra de hongos fitopatógenos. En relación a esto (Orjuela, 1989) afirma que los organismos del suelo dependen muchas de las funciones de las plantas, que son base del soporte de gran variedad de animales. La presencia de masa edáfica y los microorganismos en el suelo, impide la aglomeración de materia orgánica, facilita la disgregación de esta y así ayuda al reciclaje de los elementos dentro del ciclo de los nutrientes.

**Figura 7** Relación Hongo-Bacteria Sector Salache

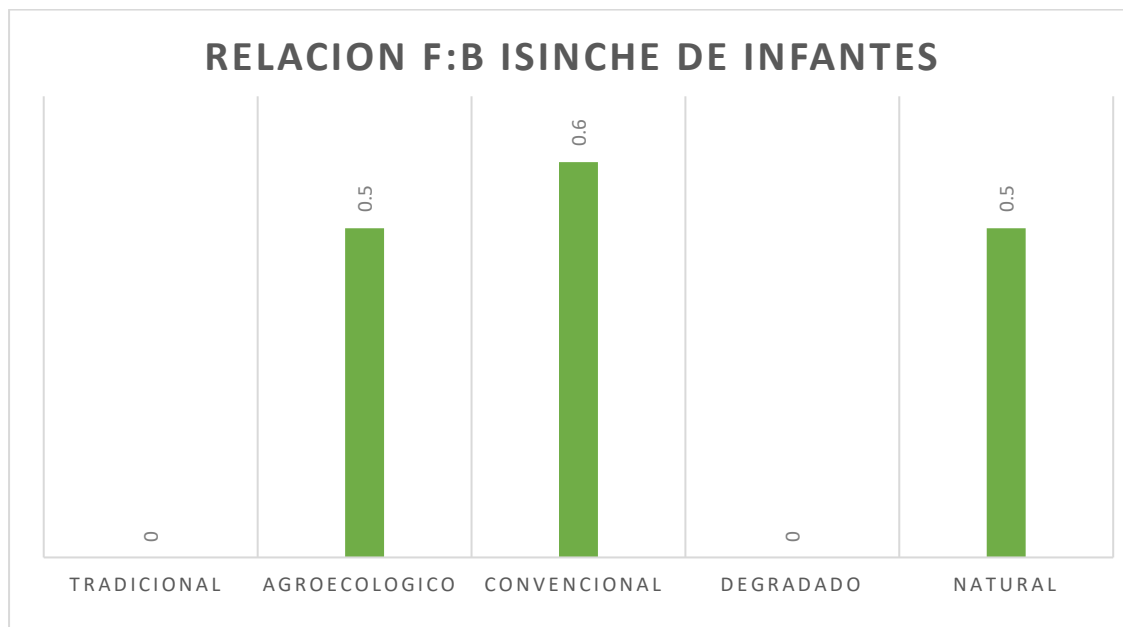
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 10.2.2 Relación hongo: bacteria de la zona Isinche

En el (grafico 8) zona Isinche de infantes encontramos la relación de hongo bacteria (F: B) en tres sistemas productivos (Agroecológico, convencional y natural), donde el convencional y posee el porcentaje más alto en relación hongo: bacteria con 0.6; es decir 37% hongos y 63% bacterias, pese a que la agricultura convencional regularmente está basada en labranza de los suelos, dependiente de un alto uso de insumos sintéticos, donde el manejo monocultivista se justifica como herramienta fundamental para lograr una mayor eficiencia del proceso productivo (Bruulsema, s. f.). Dentro del análisis en el sistema (agroecológico y natural) se identifica la relación de 0.5 que representa el 31% hongos y 69% bacterias lo que demuestra que existe una mayor concentración de bacterias y de acuerdo a lo estipulado por (Vega María Ligia, 2016) la agroecología maneja principios ecológicos que benefician procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias del modo que, la agrobiodiversidad sea capaz de completar

procesos claves por sí misma como la fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de cultivos.

**Figura 8** Relación Hongo-Bacteria Sector Isinche



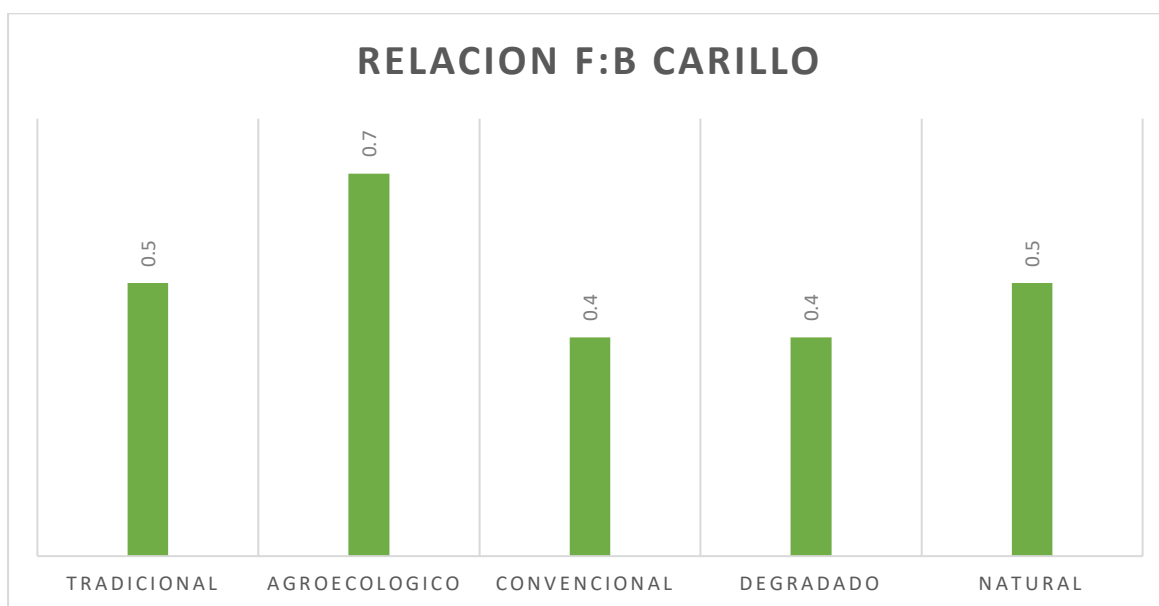
**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

### 10.2.3 Relación hongo: bacteria de la zona de Carrillo

En la zona de Carrillo (grafico 9), la relación bacterias hongos se evidencia en todos los sistemas productivos ( Tradicional, agroecológico, convencional, degradado y natural), siendo el sistema agroecológico el que más prevalece con una relación de 0.7, es decir 42% de hongos y 52% de bacterias, esta relación permite demostrar que existe equivalencia entre la cantidad de hongos y bacterias encontradas lo que significa que es un suelo de calidad, de acuerdo con un estudio llevado a cabo por (Malik et al., 2016) donde aclaran que el almacenamiento de carbono en el suelo, depende de la relación hongos: bacterias donde describe que mientras el suelo sea dominado por hongos, el almacenamiento de carbono será mayor, debido a la alta capacidad de descomposición de materia orgánica que tienen los hongos. (Armenia Velázquez, 2023)

En los sistemas productivos (Tradicional y natural), encontramos una relación del 0.5; es decir el 33% hongos y 67% de bacterias, esto demuestra que no existe dominancia total de bacterias, pero aun así sigue siendo la mayoría. De igual forma, en los sistemas (convencional y degradado) con una relación de 0.4; es decir el 30% hongos y 70% de bacterias, interpretando que existe baja concentración de hongos y de acuerdo a los investigadores (Broz et al., 2007 y colaboradores) señalan que hongos y bacterias son los grupos de organismos más numerosos del suelo y que juegan un papel muy importante en los ciclos biogeoquímicos de nutrientes a nivel global. Mencionan que la mayor parte del carbono proviene de la biomasa fúngica que se ubica en bosques boreales, tropicales y subtropicales, mientras que el más bajo nivel de biomasa fúngica y alta proporción de biomasa bacteriana se encuentra en suelos desérticos con poca vegetación.

**Figura 9** Relación de hongo- bacteria sector carillo



**Elaborado por:** Gómez Camila, 2024

## 11 CONCLUSIONES

Se estableció que el grupo funcional con mayor presencia en los cinco sistemas productivos son: Amebas, seguido de los Ciliados y Flagelados, se identificó que la mayor relación Fungí: Bacteria fue la presentada en el sistema agroecológico con una media en los tres sectores de 0,53 que representa el 31% de hongos y 68% de bacterias, seguido del sistema convencional con una media 25% de Hongos y 75% de Bacterias.

Se determinó que la metodología de aproximación cualitativa por microscopia identifica y cuantifica la biomasa total de los suelos de los sistemas productivos en diferentes sectores. El conteo total de biomasa evidencia que el sector Carrillo, sistema productivo agroecológico presenta una relación del 42% de biomasa fúngica versus el 58% de biomasa bacteriana, es decir con una relación equilibrada de hongos y bacterias, siendo un indicativo de fertilidad de suelo. Para los sistemas natural (35% biomasa fúngica y 65% biomasa bacteriana) y tradicional (34% BF & 67% BB), convencional de 30% & 70% BB) degradado (30% BF & 70% BB) la concentración de biomasa fúngica disminuye. De la misma manera, para la zona Isinche sistemas convencional (37% BF & 64% BB), natural (32% BF & 68% BB) y agroecológico (31% FB & 69% BB) y sistema agroecológico Salache (30% FB & 70% BB); la relación hongo bacteria disminuye comparado el agroecológico.

## 12 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una investigación en otros sistemas intensivos de producción intensivo de flores y brócoli bajo invernadero.
2. Comprobar los resultados obtenidos en la investigación con otras metodologías de determinación de biomasa de microorganismos (Metagenómica).

### 13 BIBLIOGRAFIAS

- Agricultura ecológica vs agricultura tradicional.* (s. f.). Agricultura ecológica vs agricultura tradicional | Alltech. Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://www.alltech.com/es-es/blog/agricultura-ecologica-vs-agricultura-tradicional>
- Alicia Maria Gonzáles Céspedes. (2022, 22). *Bacterias de suelo promotoras del crecimiento vegetal y mejoradoras de la sostenibilidad de los cultivos.* Plataforma Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/bacterias-suelo-mejoradora-cultivo-sostenibilidad>
- Almeida, Á. C. (2017).  *AISLAMIENTO DE AMEBAS EN SUELO AGRÍCOLA DE CANARIAS.*
- Álvarez, A. G., & Bello, A. (s. f.). *DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS DEL SUELO Y TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA.*
- Amparo Cortés. (2018, mayo 10). *Estado actual del recurso suelo | UNIBA.* <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/estado-actual-del-recurso-suelo>
- Anderson, D. (2022, octubre 30). 4: *Hongos: “Los mejores descomponedores de la naturaleza” (Anderson).* LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Humanidades/Literatura\\_y\\_Alfabetizaci%C3%B3n/88\\_Ensayos\\_abiertos\\_-\\_Un\\_lector\\_para\\_estudiantes\\_de\\_composici%C3%B3n\\_y\\_ret%C3%B3rica\\_\(Wangler\\_y\\_Ulrich\)/Ensayos\\_Abiertos/04%3A\\_Hongos](https://espanol.libretexts.org/Humanidades/Literatura_y_Alfabetizaci%C3%B3n/88_Ensayos_abiertos_-_Un_lector_para_estudiantes_de_composici%C3%B3n_y_ret%C3%B3rica_(Wangler_y_Ulrich)/Ensayos_Abiertos/04%3A_Hongos)
- Armenia Velázquez. (2023, enero 7). *¿Inocular hongos o bacterias? Enfoque en la relación h:b.* <https://es.linkedin.com/pulse/inocular-hongos-o-bacterias-enfoque-en-la-relaci%C3%B3n-hb-vel%C3%A1zquez>
- Arshad, M. A., & Coen, G. M. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 25-31. <https://doi.org/10.1017/S0889189300004410>
- Bacteria. (2024). En *Wikipedia, la enciclopedia libre.* <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bacteria&oldid=158413156>
- Barrios, E., Delve, R. J., Bekunda, M., Mowo, J., Agunda, J., Ramisch, J., Trejo, M. T., & Thomas, R. J. (2006). Indicators of soil quality: A South–South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. *Geoderma*, 135, 248-259.
- Bejarano E., W. (1974). *Como tomar muestras de suelo para su análisis químico.* <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/173>
- Bejarano E., W. (1989). *Como tomar muestras de suelos para su análisis químico.* <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2554>

- Bess Ruff, MA. (2016). *Cómo hacer diluciones seriadas: 9 Pasos (con imágenes)*. wikiHow. <https://es.wikihow.com/hacer-diluciones-seriadas>
- Bracamontes Nájera, L., Ponce, M., Sánchez, L., & Jiménez, J. (2022). *Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo*.
- Broz, A. K., Manter, D. K., & Vivanco, J. M. (2007). Soil fungal abundance and diversity: Another victim of the invasive plant *Centaurea maculosa*. *The ISME Journal*, 1(8), 763-765. <https://doi.org/10.1038/ismej.2007.81>
- Bruulsema, T. (s. f.). *PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS ORGANICOS Y CONVENCIONALES DE PRODUCCION DE CULTIVOS*. 51.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Cabanillas Hilario, E. (s. f.). *¿Qué son los ecosistemas artificiales y naturales? | Ecosistemas naturales y artificiales*. Recuperado 8 de enero de 2024, de [http://descargas.pntic.mec.es/recursos\\_educativos/It\\_didac/CCNN/3/05/01\\_ecosist\\_nat\\_artif/qu\\_son\\_los\\_ecosistemas\\_artificiales\\_y\\_naturales.html](http://descargas.pntic.mec.es/recursos_educativos/It_didac/CCNN/3/05/01_ecosist_nat_artif/qu_son_los_ecosistemas_artificiales_y_naturales.html)
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Chávez, J. (2021). *Impacto del cambio climático en la agricultura en los sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo*. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., Castillo, R. F. del, & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores: *Ecosistemas*, 13(2), Article 2. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Cueto, O. G., Coronel, C. E. I., & Suárez, M. H. (2009). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola*. 18(2).
- Doran, J. W., & Parkin, T. B. (2015). *Defining and Assessing Soil Quality*. 1-21. <https://doi.org/10.2136/sssaspepub35.c1>
- Dr. Elaine Ingham. (s. f.). *Microscopy*. Soil Food Web School - Regenerating Soil. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://www.soilfoodweb.com/>
- FAO. (2018, mayo 2). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>



- FAO. (2020, diciembre 5). *La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta* | Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132>
- FAO. (2024). *Propiedades Físicas* | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO Montes 131. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- Gabriela Pérez. (s. f.). *NIÑO DE ISINCHE - DATOS SOCIALES CULTURALES*. Recuperado 23 de febrero de 2024, de <https://1library.co/article/ni%C3%B1o-de-isinche-datos-sociales-culturales.y6erj7gz>
- Gómez Reyes, J. A., & Luna Fontalvo, J. A. (2018). Grupos funcionales microbianos en suelos contaminados con toxafeno en el departamento del Cesar, Colombia. *Luna Azul*, 47, 98-113. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.47.6>
- Gordon, E. B. (2021). *EVALUATION OF THE MICROBIOMETER® MOBILE SOIL TEST AS AN INDICATOR OF SOIL MICROBIAL BIOMASS AND SOIL HEALTH*. <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/111086>
- Isabel Alarcón. (2018, junio 22). *La mitad de las tierras en Ecuador muestran signos de degradación*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/degradacion-suelo-planetaeideas-ecuador-desertificacion.html>
- JACTO. (2022, febrero 1). *¿Cómo recuperar los suelos degradados?* Blog | Tecnología para la Agricultura. <https://bloglatam.jacto.com/suelos-degradados/>
- Jardón, L. (2018). La agroecología como conocimiento necesario para transformar la mutua determinación sociedad-naturaleza. *Inter disciplina*, 6(14), 7. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63395>
- Jiménez, M. L. (s. f.). *Bioindicadores de la contaminación atmosférica*.
- K. Baker , RJ Cook. (1974). *Biological Control of Plant Diseases*.
- Labrador, J. (2008). *MANEJO DEL SUELO EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA*.
- Laura Fdez. Roldán,. (2023, enero 9). *Qué son los nematodos: Características, clasificación y ejemplos - FOTOS*. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-nematodos-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2556.html>
- Liliana San Martino. (2022). *Cartilla muestreo de suelos*. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12297/INTA\\_CRPatagoniaSur\\_EEASantaCruz\\_SANMARTINO\\_L\\_Muestreo\\_suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12297/INTA_CRPatagoniaSur_EEASantaCruz_SANMARTINO_L_Muestreo_suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ma Antonieta Aladro Lubel. (2007). *Diversidad de los protozoos ciliados*.
- Malik, A. A., Chowdhury, S., Schlager, V., Oliver, A., Puissant, J., Vazquez, P. G., Jehmlich, N., Von Bergen, M., Griffiths, R. I., & Gleixner, G. (2016). Soil fungal: Bacterial ratios are linked to altered carbon cycling. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1247.
- Marcos Valle, F., Moreno, V., Silvestro, L., Castellari, C., Diaz Delfino, A., Andreoli, Y., Picone, L., Marcos Valle, F., Moreno, V., Silvestro, L., Castellari, C., Diaz Delfino, A., Andreoli, Y., & Picone, L. (2019). DIVERSIDAD FÚNGICA EN SUELOS CON DIFERENTES USOS EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(2), 163-172. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000301>
- Martínez Castillo, R. (2017). *Sistemas de producción agrícola sostenible | Revista Tecnología en Marcha*. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/114](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/114)
- Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., & Vicencio-Aguilar, M. E. (2014). Biodiversidad de protistas (flagelados heterótrofos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 26-33. <https://doi.org/10.7550/rmb.32922>
- MICROB: Microscopia*. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2024, de <https://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas13Microbiologia/2.3%20medioscultivo.html>
- Microbes. (2023, marzo 7). Historia y ciencia detrás de microBIOMETER®. *microBIOMETER*. <https://microbiometer.com/es/blog/science-and-history-behind-the-microbiometer/>
- Moore, J. C., & De Ruiter, P. C. (2012). Soil food webs in agricultural ecosystems. *Microbial ecology of sustainable agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, 63-88.
- NPIC. (2015, noviembre 4). *Suelos y pesticidas*. <http://npic.orst.edu/envir/soil.es.html>
- Odum, E. P. (1969). The Strategy of Ecosystem Development. *Science*, 164(3877), 262-270. <https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262>
- Orjuela, H. B. (1989). *El suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos*. Universidad de Nariño. [https://books.google.com.ec/books?id=9\\_xAMwEACAAJ](https://books.google.com.ec/books?id=9_xAMwEACAAJ)
- Padilla, C. (s. f.). *Degradación y recuperación de pastizales*.
- Paolini Gómez, J. E. (2018). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 13-22. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.257>
- Petro Kogut. (2023, julio 20). *Degradación Del Suelo: Causas, Efectos Y Soluciones*. <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>

- Prefectura Cotopaxi, S. (2014, julio 3). *Pujilí*. <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/pujili>
- Price, C. T. D., Richards, A. M., Von Dwingelo, J. E., Samara, H. A., & Abu Kwaik, Y. (2014). Amoeba host- *L. egionella* synchronization of amino acid auxotrophy and its role in bacterial adaptation and pathogenic evolution. *Environmental Microbiology*, *16*(2), 350-358. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12290>
- Prolific Earth Sciences, Inc. (2020, septiembre 10). *microBIOMETER*. <https://microbiometer.com/wp-content/uploads/2021/03/Product-Data-Sheet-FINAL-2020-09-10.pdf>
- quimcasa. (2020, agosto 3). *Los Microorganismos Benéficos, una Fuerza Invisible en Nuestros Suelos. Protozoarios Parte 2*. <https://quimcasa.blog/2020/08/03/los-microorganismos-beneficos-una-fuerza-invisible-en-nuestros-suelos-protozoarios-parte-2/>
- Quintero, V. E. V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia forestal*, *16*(1), Article 1. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06>
- Rafaela, I. (s. f.). *TOMAR BIEN LA MUESTRA PARA UN BUEN ANÁLISIS DE SUELO*.
- Sánchez, P., Manuel, J., & Pérez, M. (s. f.). *Manejo del suelo en la agricultura tradicional de laderas en Tlaxcala y el Valle de Toluca, México*.
- Vanek, S., Fonte, S., & Magonziwa, B. (2018). *Cómo Evaluar la Salud del Suelo: Manual de Protocolos* (6.3; Proyecto Trasversal de Suelos). Fundación McKnight.
- Vasyl Cherlinka. (2024, febrero 20). *Fertilidad Del Suelo: Estrategias De Preservación Y Mejora*. <https://eos.com/es/blog/fertilidad-del-suelo/>
- Vázquez, M. B., Amodeo, M. R., & Bianchinotti, M. V. (2016). Estimación de la biomasa fúngica en un suelo del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) con una tinción directa con blanco de calcoflúor. *Revista Argentina de Microbiología*, *48*(3), 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.05.006>
- Vega María Ligia. (2016, abril 29). *Sistemas productivos agroecológicos*. [file:///C:/Users/JESS/Downloads/680-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2871-1-10-20210723%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/JESS/Downloads/680-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2871-1-10-20210723%20(2).pdf)
- Velazquez, A. (s. f.). *¿Inocular hongos o bacterias? Enfoque en la relación h:b*. Recuperado 9 de enero de 2024, de <https://es.linkedin.com/pulse/inocular-hongos-o-bacterias-enfoque-en-la-relaci%C3%B3n-hb-vel%C3%A1zquez>
- Venegas, C. C. J., Estrella, A. M., Chanatasig, A. S. Q., & Uribe, N. del R. T. (s. f.). *Implementación de Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA)*

- en la Comunidad Carrillo de Cotopaxi* [Text.Chapter]. Rimana Editorial. Recuperado 23 de febrero de 2024, de <https://omp.rimanaeditorial.com/index.php/omp/catalog/view/2/35/94>
- Wavinya, A. (2023, abril 3). *Tierra viva: Por qué los microorganismos son importantes para un suelo sano*. CIFOR Forests News. <https://forestsnews.cifor.org/82294/tierra-viva-por-que-los-microorganismos-son-importantes-para-un-suelo-sano?fnl=>
- WingChing-Jones, R., & Lorío, L. U. (2016). Biomasa y actividad microbiana en suelos de uso ganadero y en regeneración de bosque. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(1), 106-114.
- Zaragoza, S., Gonzalez, L., & Rivera, V. (2005). Rodriguez-Zaragoza S. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, II, 54-64.
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreos. *Universidad Autonoma de Barcelona*.  
[http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)
- Ignacio Fernández, N. M. (2010). *RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA ECOSISTEMAS NATIVOS AFECTADOS POR INCENDIOS*. FIORESTAL MININCO.
- J, H. (2023). *BACTERIA*.
- Marquez, A. ( 2021). *Rizosfera: qué es, para qué sirve, composición e importancia*.
- Martinez. (2016). *RIZOSFERA*.
- Proaño, J. (2007). “*Respuesta de Cuatro Variedades de Arveja (Pisum sativum L.) A la Fertilización Orgánica y Química en la Granja la Pradera*”. Chaltura-Ecuador.: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte.
- Romero, M. S. (2009). *BIOINGENIERÍA Y SUELO: ABUNDANCIA MICROBIOLÓGICA, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO TRES ESTRATOS DE EROSIÓN*.